

旭川工業高等専門学校

研 究 報 文

第 48 号

JOURNAL

OF THE

ASAHIKAWA NATIONAL

COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO.48

目 次 / CONTENTS

平成 23 年 3 月 / March, 2011

目 次

学術論文

ヘルムホルツコイルを利用した力学的振動実験装置

—学生による複数の専門領域に関連したものづくり—	木 曾 直 吉	1
	江 口 篤 史	
	川 江 修	
	鈴木 利結樹	

大根収穫機の自動化に関する研究 第2報

—小型モデルによる実験結果—	大 柏 哲 治	15
	石 井 誠 士	
	長 岡 裕 子	
	三 島 結 花	
	小 川 泰 代	

酵母と細菌に対するスパークリングワインの凍結殺菌能	富 樫 巖	35
	永 井 一 輝	
	亀 田 剛	
	土 田 義 之	

木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌 59 菌株の攻撃性評価	富 樫 巖	44
	宮 崎 貞 之	

教職員研究業績目録	平成 21 年 11 月～平成 22 年 10 月	51
-----------	---------------------------	----

CONTENTS

Papers

Apparatus for Mechanical Vibration using Helmholtz Coils -Making an apparatus related to some technological regions as the student study-	Naokichi KISO Atsushi EGUCHI Osamu KAWAE Toshiyuki SUZUKI	1
A Study on Automatic Control of the Japanese White Radish Harvester (2) -Experiments Using Small Proto-type Models-	Tetsuji OKASHIWA Seiji ISHII Yuko NAGAOKA Yuka MISHIMA Yasuyo OGAWA	15
Possibility of Freezing Sterilization to Yeast and Bacteria in Sparkling Liquor	Iwao TOGASHI Kazuki NAGAI Tsuyoshi KAMEDA Yoshiyuki TSUCHIDA	35
Evaluation Tests of Antagonistic Effects with 59 Isolates of <i>Trichoderma</i> spp. to Wood Decay Fungi	Iwao TOGASHI Sadayuki MIYAZAKI	44
A list of other papers and lectures by the Faculties of this college.(Nov.,2009~Oct.,2010)		51

ヘルムホルツコイルを利用した力学的振動実験装置
—学生による複数の専門領域に関連したものづくり—

木 曾 直 吉^{*}
江 口 篤 史^{**}
川 江 修^{**}
鈴 木 利結樹^{**}

Apparatus for Mechanical Vibration using Helmholtz Coils
—Making an apparatus related to some technological regions as the student study—

Naokichi KISO
Atsushi EGUCHI
Osamu KAWAE
Toshiyuki SUZUKI

Abstract

An apparatus for the generation of mechanical vibration was fabricated , using Helmholtz Coils as a tool of student study. By using the apparatus, the vibration of a coil spring with a damper, the flexural vibration of beams and the torsional vibration of metals had been examined. Experimental data on examination of frequency resonance curve were good consistent with theoretical solution. Damping ratios of vibrations were also measured by two methods , using the bandwidth of the resonance curve and the logarithmic decrement of a free decay, the numerical values of those were approximately in agreement each other, and were in good consistency with the previously reported results.

Keyword:apparatus for mechanical vibration, Helmholtz Coils, frequency response , damping ratio

1. はじめに

最近の技術者は、科学・技術の専門分野が高度化・細分化されたためか、その分野では相当優れた能力であると評価されるがいろいろな分野の知識を関連づけ総合化する能力が少し不足しているという指摘がなされる事がある。以前から、境界領域の必要性が言われてきているが、それらと関連がある事と思われる。工業高専における卒業研究はさまざまな形態で行われているが、いろいろな知識の総合化の機会として実施することも可能と思われる。本論文では、本校の本科の卒業研究と専攻科の特別研究にて、学生が

* 機械システム工学科准教授

(平成 22 年 11 月 9 日受理)

** 技術創造部

力学的振動実験装置を、複数分野の基礎的な法則や知識を確認し、自ら作成した過程とその装置について検討した。装置は基礎的知識や自然法則の確認がしやすい構造になるよう工夫した。

振動は自然界によくみられる現象であり、人間の日常生活や工業的な分野において重要な事柄である。これらの振動現象は一般に複雑である。振動発生の原因は、力学的な力のほかに、流体・電磁気などに関連したものもあり、いろいろな学問領域と関係している。また、本稿では振動の減衰の原因として、粘性と内部減衰を主に考えたが、その他にもいろいろな原因がある。大学・高専における座学においては、微分方程式で表わされる運動方程式から演繹的にいろいろな現象を示す数式が導かれるが、それからすぐに現象を思い浮かべることが一般に難しい。それらの理解を助けるために多くのソフトウェアも用意されているが、それを有効に使うためには、振動に関する概念をよく理解しておくことが必要である。座学における学習をさらに深めるために、多くの現象を実際に観察・計測・分析することにより、「学生実験」がカリキュラム内に用意され、実施されている。

本報告で扱ったのは三種類の基本的な一自由度振動である。複雑な振動の解析には、これらの理解が必ず必要となり、場合によってはそれらの組み合わせによって表現される。具体的内容は、「コイルバネの弾性力と液体の粘性抵抗力によって生じる振動」、「材料の弾性力と内部減衰によって生じるねじり振動」および「材料の弾性力と内部減衰によって生じるはりの振動」である。この装置により、自由減衰振動と強制振動の実験ができる。強制振動現象を観察するとき必要な外力は、自ら作成したヘルムホルツコイルと市販の永久磁石を利用した。一部分改良した後、試作された装置は学生実験で使用されており、十分な精度で振動現象を計測することが可能である。

2. 粘性力が作用するときの機械的振動¹⁾²⁾³⁾

2.1 自由減衰振動

粘性減衰力が作用する系の自由振動は、ばねとダンパーからなる力学モデルで表わされる。 m 、 c 、 k を、それぞれ物体の質量、粘性減衰係数、ばね定数とすると運動方程式は次式で表わされる。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (1)$$

この振動は、臨界減衰係数 c_c 、減衰比 ζ を次式のように定めて現象を整理することが多い。

$$c_c = 2\sqrt{mk} \quad , \quad \zeta = \frac{c}{c_c} \quad (2)$$

$\zeta \geq 1$ の場合、初期変位があっても時間とともに変位が減少していくだけで、周期的運動は生じない。

$\zeta < 1$ の場合、初期変位があると徐々に減衰する振動となり、一般解は A 、 B を定数として次式が導かれる。

$$x = e^{-\zeta\omega_n t} (A \cos \omega_n t + B \sin \omega_n t) \quad (3)$$

ここで、 ω_n は減衰振動の固有角振動数、 ω_0 は $c=0$ のときの固有角振動数であり、次式で表わされる。

$$\omega_n = \omega_0 \sqrt{1 - \zeta^2} \quad , \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4)$$

実際の振動系では ζ の値は小さいので ω_0 と ω_n の値の違いはわずかである。減衰していく波形の、隣り合う極大値の間には、次の式で示される関係が成り立つ。

$$\Delta = \ln\left(\frac{x_n}{x_{n+1}}\right) = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (5)$$

この Δ を対数減衰率という。 ζ が十分に小さいと仮定すると、次式が導かれる。

$$\Delta \cong 2\pi\zeta \quad (6)$$

2.2 強制振動

前節でふれたような、1 自由度系の質量 m に加振力 $P_0 \sin \omega t$ が作用している系の運動方程式は

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = P_0 \sin \omega t \quad (7)$$

で示される。この式の一般解は右辺をゼロとした自由振動の解と、強制力が作用する場合の特解の和で与えられるが、時間の経過とともに自由振動は減衰して、次式で表される定常振動だけになる。

$$x = A_0 \sin(\omega t - \varphi) \quad (8)$$

A_0 は定常振動の振幅、 φ は位相角を示しており、それぞれ次式で表わされる。

$$A_0 = \frac{P_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad (9)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{c\omega}{k - m\omega^2} \quad (10)$$

以下のように、振動数比 λ と、力 P_0 による静たわみ A_{st} を定義すると、 A_0 と φ を無次元式に置きかえることができ、以下のように整理され、有用である。

$$\lambda = \frac{\omega_n}{\omega_0}, \quad A_{st} = \frac{P_0}{k} \quad (11)$$

$$A = \frac{A_0}{A_{st}} = \frac{1}{\sqrt{(1 - \lambda^2)^2 + (2\zeta\lambda)^2}} \quad (12)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{2\zeta\lambda}{1 - \lambda^2} \quad (13)$$

A は静たわみに対する強制振動の振幅倍率であり、(12) 式の分母は、 $\lambda^2 = 1 - 2\zeta^2$ のとき最小となる。これより、振幅倍率の最大値は次式で表わされる。

$$A_{\max} = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (14)$$

通常の振動では、 $\zeta = 0.01 \sim 0.05$ 程度であることが多く、(14) 式は近似的に次のように表わされる。

$$A_{\max} \cong \frac{1}{2\zeta} \quad (15)$$

また、 ζ が小さい時は、 A が $\frac{1}{\sqrt{2}} A_{\max}$ の値のときの共振曲線の幅を $\Delta\lambda$ とすると次式が成り立つ。

$$\Delta\lambda \cong 2\zeta \quad (16)$$

減衰振動における ζ と共振曲線における ζ は同じ式で定義されており、正確に実験すれば同じ値になる。

3. 内部減衰⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾

3.1 複素弾性率

通常、物体の変形はひずみの変化が応力に瞬時に対応すると仮定している。時間のスケールを小さくすると、時間的ずれが応力とひずみのあいだにあり、それは結晶欠陥などの運動などに起因する。時間的ずれはわずかなため、ほとんどの場合、それを考慮する必要はないが、材料の減衰振動を考えるときには、そのことを考慮に入れなければならない。これは内部摩擦あるいは内部減衰と呼ばれている。応力とひずみが正弦的に変化する時、二つの間に小さな値の位相差 δ であり、その関係は周波数によって変わると仮定すると、添字 ω をつけ、次のように表わされる。

$$\sigma_{\omega} = \sigma_{\omega_0} e^{i\alpha}, \varepsilon_{\omega} = \varepsilon_{\omega_0} e^{i(\alpha-\delta)} \quad (17)$$

応力とひずみの比は複素弾性率 E^* と呼ばれ、その大きさ $|E^*|$ は振幅比となり、次式で定義される。

$$E^* = \frac{\sigma_{\omega}}{\varepsilon_{\omega}} \quad (18)$$

$$|E^*| = \frac{\sigma_{\omega_0}}{\varepsilon_{\omega_0}} \quad (19)$$

E^* は次式にて示されることがあり、 E' は貯蔵弾性率、 E'' は損失弾性率と呼ばれる。

$$E^* = E' + iE'' \quad (20)$$

この場合次式が成り立つ。

$$\frac{E''}{E'} = \tan \delta \quad (21)$$

δ が小さい時は、近似して、次式で表わされる。

$$\tan \delta \cong \delta \quad (22)$$

静的弾性率を E とすると $E' = E$ となり、式(22)が成り立つ範囲では、次の二式が導かれる。

$$E^* = E(1 + i\delta) \quad (23)$$

$$|E^*| = E(1 + \delta^2) \quad (24)$$

3.2 位相差 δ を求める方法

3.2.1 共振曲線から求める方法

物体が弾性域の範囲で変形する強制振動の状態にある場合、変位を θ 、慣性を I 、外力を $F_a = F_0 e^{i\alpha}$ 、物体内部に生じる弾性的および擬弾性的な力を $F_e = -\tilde{k}\theta$ とすると運動方程式は、次式で表される。

$$I\ddot{\theta} = F_a + F_e \quad (25)$$

ここで、 \tilde{k} は、複素弾性率を用いて求められ次式のような形で表される。

$$\tilde{k} = k(1 + i\delta) \quad (26)$$

$\theta = \tilde{\theta}_0 e^{i\alpha}$ と仮定し、(25)式に代入すれば、 $\omega_0^2 = \frac{k}{I}$ として、次式が導かれる。

$$\tilde{\theta}_0 = \frac{(F_0/I)}{(\omega_0^2 - \omega^2) + i\omega_0^2 \delta} \quad (27)$$

また、振幅の変化は次のように表される。

$$|\tilde{\theta}_0| = \frac{(F_0/I)}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega_0^4 \delta^2}} \quad (28)$$

$\omega = \omega_0$ で共振が起こり、 $\omega = \omega_1, \omega_2$ を $|\tilde{\theta}_0| = \frac{1}{\sqrt{2}} |\tilde{\theta}_0|_{\max}$ のときの値とすると、 δ が小さい時は次式が成立する。

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \cong \delta \quad (29)$$

3.2.2 自由減衰振動の対数減衰率から求める方法

(25)式の外力 F_s をゼロとすると、運動方程式は次式で表わされる。

$$I\ddot{\theta} = -\tilde{k}\theta \quad (30)$$

ここで $\theta = \theta_0 e^{i\tilde{\omega}t}$ とおき、 $\delta \ll 1$ とすると、次式が導かれる。

$$\tilde{\omega} = \omega \left(1 + \frac{1}{2} \delta^2 \right) \quad (31)$$

ここで、 ω は次式で表される。

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{I}} \quad (32)$$

これより、解は次式で示される。

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{\omega\delta}{2}t} e^{i\omega t} \quad (33)$$

変位は次第に減衰し、式(33)で $\omega = n\pi, (n+1)\pi$ とすると、対数減衰率 Δ として次式が導かれる。

$$\Delta \equiv \ln \frac{(\theta_{\max})_n}{(\theta_{\max})_{n+1}} = \ln \frac{\theta_0 e^{-n\pi\delta}}{\theta_0 e^{-(n+1)\pi\delta}} = \pi\delta \quad (34)$$

3.3 粘性減衰系と内部減衰系の比較

自由減衰粘性減衰系の理論と内部減衰系の理論から求めた対数減衰率 Δ の値が等価だとすると、式(6)と式(34)より $2\pi\zeta = \pi\delta$ となり、次式が成立する。

$$\delta = 2\zeta \quad (35)$$

この式を(24)式に代入すると複素弾性率は減衰比を用いて、次のように表される。

$$|E^*| = E(1 + 4\zeta^2) \quad (36)$$

4. ねじり振動¹⁾²⁾³⁾

一端を固定, 他端に変形しない円板を有する弾性軸をねじった場合を考えてみる。固定端に対して角度 θ だけねじられた円板には, その角度に比例する大きさの復元トルクが働く。弾性軸を単位の角度 (1 rad) だけねじるのに必要なトルクを軸のねじりこわさといい, その大きさは次式で表わされる。

$$k_t = \frac{G\pi d^4}{32L} \quad (37)$$

ここで, d は軸の直径, L は軸の長さで, G は材料の横弾性係数を表わす。円板の中心軸に関する慣性モーメントを I とすれば, 弾性軸の慣性モーメントは円板に比べ小さいとすると円板のねじり振動の方程式は

$$I\ddot{\theta} + k_t\theta = 0 \quad (38)$$

となる。 θ が小さいと円板は単振動をし, 角振動数 ω , 周波数 f は次式で表わされる。

$$\omega^2 = \frac{k_t}{I} \quad (39)$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{G\pi d^4}{32IL}} \quad (40)$$

自由振動させたとき, 弾性軸の材料内部に存在する内部摩擦や大きさの小さい外部抵抗により振動は次第に減衰する。強制振動させたときも, 2.2 で述べたダンパーがある時と似た現象となる。この場合, 複素弾性率を使うと, 前の節と同様に考えることができるが, その他の外部抵抗についても検討を要する。

5. はりの振動¹⁾²⁾³⁾

5.1 運動方程式と固有振動数

はりの軸方向に x 座標をとり, x におけるたわみを y とする。断面積を A , 断面二次モーメントを I , 棒の材料の弾性率を E , 密度を ρ とすると, はりの曲げ振動の運動方程式は次式で表される。

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (41)$$

振動を与える関数として解を

$$y(x, t) = Y(x)(A \cos \omega t + B \sin \omega t) \quad (42)$$

とおいて(41)式に代入すると次式が得られる。

$$EI \frac{d^4 Y}{dx^4} - \omega^2 \rho A Y = 0 \quad (43)$$

ここで以下のように変数変換し整理すると, 考えやすい微分方程式となる。

$$\lambda^4 = \frac{\omega^2 \rho A}{EI} \quad (44)$$

$$\frac{d^4 Y}{dx^4} - \lambda^4 Y = 0 \quad (45)$$

この式を解くと, 次式が導かれる。

$$Y(x) = C_1 \cos \lambda x + C_2 \sin \lambda x + C_3 \cosh \lambda x + C_4 \sinh \lambda x \quad (46)$$

上式の $C_1 \sim C_4$ は境界条件によって決まり、これによって各境界条件に対応する主関数が決まる。長さ L のはりの一端固定・他端自由の境界条件を用いて、次式が導かれる。

$$1 + \cos \lambda \cosh \lambda = 0 \quad (47)$$

この方程式から求められる λ に対応して、次の振動方程式をえる。

$$y(x, t) = C_1 \frac{\left[(\sin \lambda + \sinh \lambda) \left(\cos \frac{\lambda}{L} x - \cosh \frac{\lambda}{L} x \right) + (\cos \lambda + \cosh \lambda) \left(\sin \frac{\lambda}{L} x - \sinh \frac{\lambda}{L} x \right) \right]}{\sin \lambda + \sinh \lambda} \cos(\omega t + \delta) \quad (48)$$

また、固有角振動数および共振周波数は、次のように導かれる。

$$\omega = \left(\frac{\lambda}{L} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (49)$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (50)$$

振動の減衰や周波数特性を考える場合は、複素弾性率を用いるとともに、外部抵抗についても考慮する。

5.2 集中質量がある場合の補正

一端固定・多端自由ではりの先端に質量が集中している場合は、 λ を求める (47) 式を補正する必要がある。先端に集中質量 m がある場合の振動数方程式は

$$1 + \cos \lambda \cosh \lambda = \frac{m}{\rho AL} \lambda (\sin \lambda \cosh \lambda - \cos \lambda \sinh \lambda) \quad (51)$$

で示され、(47) 式と比較すると右辺が補正の項となる。上式には、各材料についてそれぞれ異なる値である質量 m 、密度 ρ 、断面積 A 、長さ L が式に含まれている。また、式中の ρAL は、はりの振動部分の質量と同じ値になる。式(47)や式(51)から λ を求める時は、表計算ソフトでグラフを書きながら求める方法が理解しやすいので、本稿ではその方法で行った。

6. ヘルムホルツコイルの特徴²⁸⁾

図1のように座標の原点に対象に、二つのコイルを a (図では $2d$) の間隔でおくと、中心軸上の P 点の磁界の強さは、二つのコイルの作る磁界の和となり、コイルが一巻きである場合、次式で表わされる。

$$H = \frac{Ia^2}{2\{a^2 + (d+dx)^2\}^{3/2}} + \frac{Ia^2}{2\{a^2 + (d-dx)^2\}^{3/2}} \quad (52)$$

コイル内部の x 軸上では、同じ大きさと向きの磁界となり、 x 軸のまわりは対象な磁場となり、 x 軸の近くでは、ほぼ同じ大きさと向きを持った磁場となる。また、周期的に変化する電流を流すと、ある広がりを持った空間内で一様に変化する磁界が発生する。コイルの中にできる磁界が一様な空間に永久磁石をおくと、磁石の二つの極に力が働き、コイル内にお

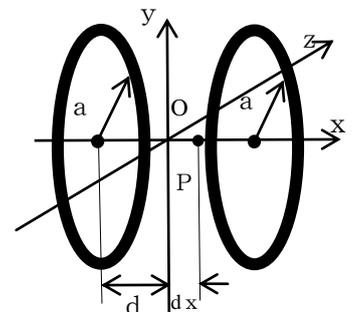


図1 ヘルムホルツコイル

る二つの磁極の配置により、一方向の力やトルクを生じさせることができる。また、電流の大きさに比例した磁場を発生できるので、コイルに流す電流の時間変化に応じた力やトルクを振動子に作用させることが可能である。

7. 振動実験装置の製作

7.1 製作した実験装置の概要

図2に振動を観察・計測するための機器の構成を、コイルバネの変形による場合について示した。他の振動様式の場合も、同様の構成とした。市販のファンクションジェネレータにて発生させた周期的信号を、電流の振幅が一定になるようにしたアンプを利用し、周期的に変化する電流をコイルに流すと、ある空間内で、一様に変化する磁界が発生する。その作用によって振動系につけた永久磁石の二つの極に

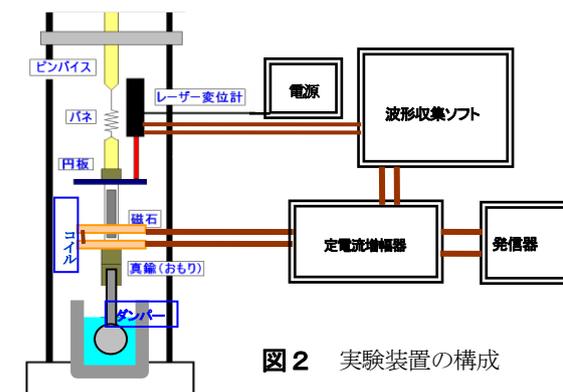


図2 実験装置の構成

力が作用し、周期的な外力やトルクおよび曲げモーメントが働き振動系が振動する。振動は市販のレーザ変位計あるいは光スケールセンサーとマイコンの組み合わせで電圧の時間変化に変換し、パソコンの計測ソフトあるいはデジタル・オシロスコープによって観察・計測した。それらのデータを表計算ソフトを利用し解析した。

7.2 実験台の製作

三本のガイドとなる支柱を作り、平行に立てるため、厚さ15mmの塩化ビニル板に、支柱の台座がはめ込まれるくぼみを作った。くぼみの底面と支柱の台座の底面は平滑に加工されており、支柱は互いに平行になる。また、必要な時は下部の板にボルトで固定できる。板は4本のねじで水平に調整することができる。

振動子の上部を固定する部分に重い板、ヘルムホルツコイルな

どを置くために軽い板を取りつけた。板には三個のライナーブッシュを取り付け、お互い平行を保ちながら上下に移動させることができ、板は任意の位置で固定可能にした。これらは、アルミニウム板と透明な塩化ビニルを本校工場のNCフライスなどにて加工し組み立てた。図3にそれらを示した。

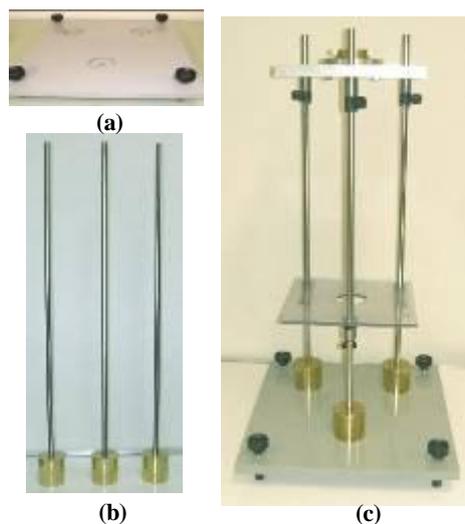


図3 作成した実験台

(a)下部の板 (b)支柱 (c)全体図

7.3 ヘルムホルツコイルの作成

ヘルムホルツコイルは、ポリ塩化ビニル板および管から作ったボビンに市販の抵抗の低い銅線を、旋盤を利用して手で巻き、二つのコイル間の磁束密度をガウスメーターで測りながら、コイル間の距離を決めた。用途に応じ4個作製したが、その中の一個を図4に示した。また、コイル間の位置を調整する時使用した計測値の一例を図5に示した。図5(a)は調整に使った中心軸上の磁束密度、図5(b)はコイル周

辺の磁束密度を矢印で示してある。図5 (b)の中心部分が磁束一定の空間である。作成した装置では強磁性体の部品を数個使っているが、コイルによる磁場の影響がない所に配置した。

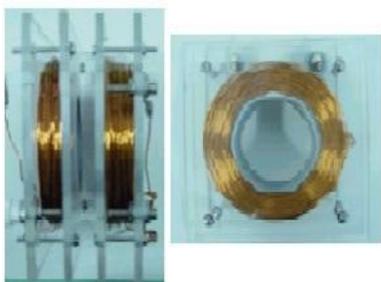
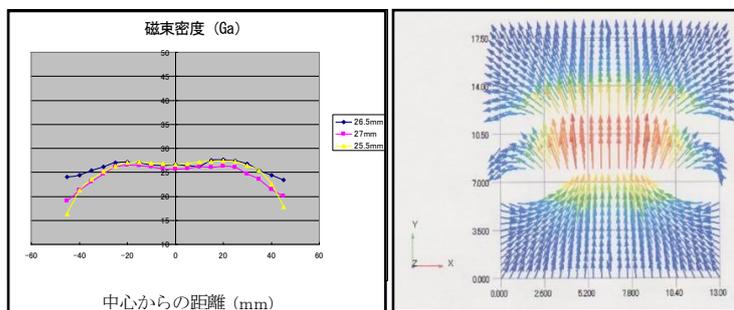


図4 作成したヘルムホルツコイル



(a) 中心軸上の磁束密度 (b) 周辺の磁束の方向と大きさ

図5 ヘルムホルツコイルの磁束中心軸上の磁束密度

7.4 振動系の作成

振動系は、真鍮の丸棒および管、塩化ビニル板および棒、アクリル管、万力、アルミ板、18-8 ステンレス丸棒およびボルト、ピンバイス、コイルばね、永久磁石などを購入し、旋盤、フライス盤、CNC フライス盤などを使用して加工した。加工された部品は、材料の透磁率の大きさを調べたうえで選んだ。

図6にコイルばねによる振動実験系と組立て前の一部の部品を示した。作成した実験台の上部のアルミ板にピンバイスで一端を固定したコイルばねを固定し、コイルばねの他端に黄銅の丸棒で作成したおもりをつけた。おもりには軽い円板を取り付けレーザ変位計で変位を測定するとき、反射源として利用した。また、おもりは数個に分離することが可能で、ばね定数を計測するときおよび振動系の固有振動数を変化さ



(a)



(b)



(c)

図6 コイルばねによる振動系
(a)振動子の部品(b)振動子(c)振動系



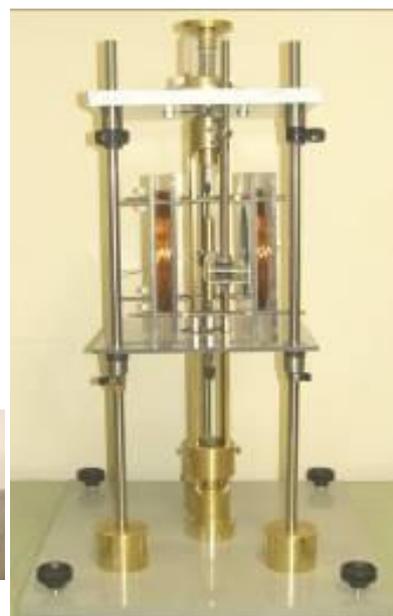
(a)



(b)



(c)



(d)

図7 ねじり振動系

(a)支持部のねじれ防止用品 (b)ねじり振動子
(c)張力調整部 (d)振動系

せる時に、利用できるようにした。おもりの最下部には細い棒の先端に硬い球のついたものを取り付けてあり、球を液体につけることにより粘性抵抗力を振動子に作用させることができる。おもりの中央部分には永久磁石をつけ、その極の一方がヘルムホルツコイルの中央に、ほかの極はできるだけコイルの磁場の影響のないところに配置してある。

図7に細線のねじり振動系と組立て前の一部の部品を示した。永久磁石を取り付けた黄銅製の慣性体の上下に細線を取り付けた。上の細線を実験台上部のアルミ板に、下の細線を実験台下部にピンバイスを利用し取り付けた。上下の細線は取替え可能にし、いろいろな細線の実験ができるようにした。慣性体は慣性モーメントの大きさを変えられる構造になっている。上部のアルミ板の上に取り付けたスプリングで、細線と慣性体をつないだものに適切な張力が働くように調整できるようになっている。また、振動系に適正なトルクが作用するような位置に慣性体につけた永久磁石がくるように、ヘルムホルツコイルの位置を微調整できるように工夫されている。

図8に平板状はりの振動系を示した。同じ種類の材料でも履歴によって弾性定数が微妙に変化することを考慮できるように、プーリーを利用し静的な力によりはりを曲げ、たわみを測定することにより、材料の弾性定数を計算できるように工夫してある。はりの一端は摩擦の影響が少ないように表面粗さの小さい金属板ではさみ、それを万力で固定している。また、はりの長さによる振動の変化を計測できるように、はりの振動部分の長さに対応して、万力を平行に移動できる構造になっている。

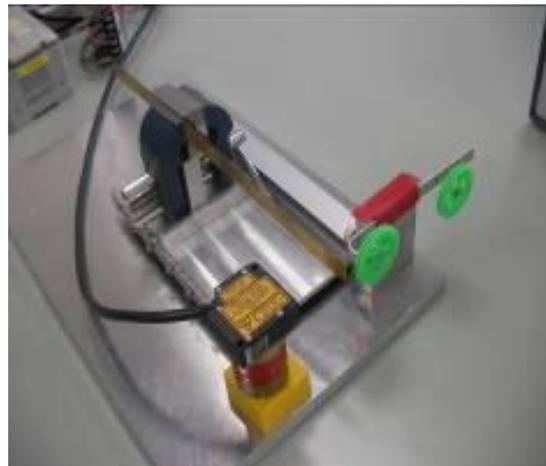


図8 はりの振動系

(コイル・永久磁石は取り外してある)

8. 実験の測定結果と検討

8.1 コイルばねを使用した振動実験

8.1.1 ばね定数の測定と共振周波数

コイルばねの下のおもりの質量を変えたときの静的変位を測定し、ばね定数を求めた。この装置を用いた振動実験の解析には、このように求めたばね定数を用い、このばね定数とおもりの質量から理論的に求めた共振周波数は、この装置で振動実験したときの共振周波数と一致した。

8.1.2 異なる粘性力が作用するときの共振曲線の比較

次の4種類の減衰力が働くときの共振曲線を測定した。共振曲線を最大値と減衰がない場合の固有振動数で規格化し比較したものを、図9に示した。

- ①粘性抵抗が少ない(空気抵抗小)
- ②円板による空気抵抗がある(空気抵抗大)
- ③おもりの下に球状の物体を固定しそれを水につける。(水の粘性抵抗)
- ④おもりの下に球状の物体を固定しそれをマシン油につける。(油の粘性抵抗)

共振曲線よりもとめた減衰比は次のようになった。円板がある場合もない場合も $\zeta=0.0045$ 、水で減衰させ

た場合は $\zeta=0.0050$ ，油で減衰させた場合は $\zeta=0.0140$ となり， ζ の値は，ダンパー部分の気体・液体の粘性が大きい順に大きくなった。液体に入っている部分が球に近い形状のときについて，抵抗体が球であると仮定し， ζ の値をストークスの法則から計算したが，完全な球体ではないため今回行った実験内では，実験値は計算した値より，やや大きな値となった。

8.1.3 自由減衰振動と強制振動の減衰比の比較

おもりの下に球状の物体を固定しそれをマシン油につけた場合について，自由減衰振動実験と外力の周波数を変えながら振動振幅を測定し

て周波数応答曲線を得る実験を行った。自由減衰振動から対数減衰率を求めるグラフを図10に，強制振動の周波数応答曲線を図11に示した。これら二つの実験から減衰比を求めた。自由減衰振動からは $\zeta=0.020$ ，強制振動からは $\zeta=0.022$ という値がそれぞれ得られた。

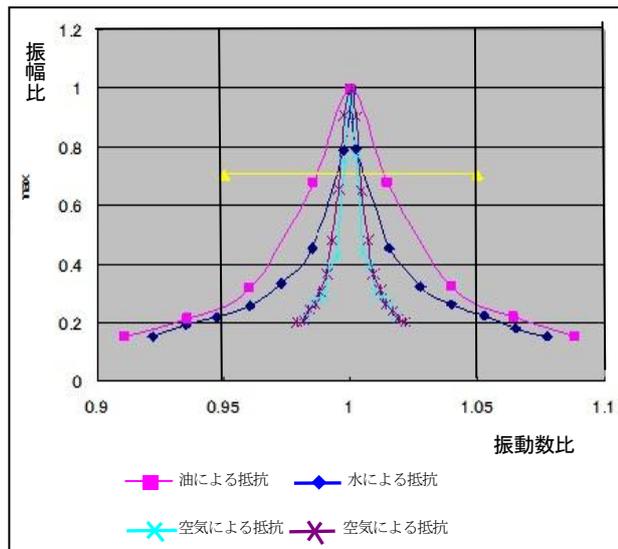


図9 抵抗の異なる振動の共振曲線

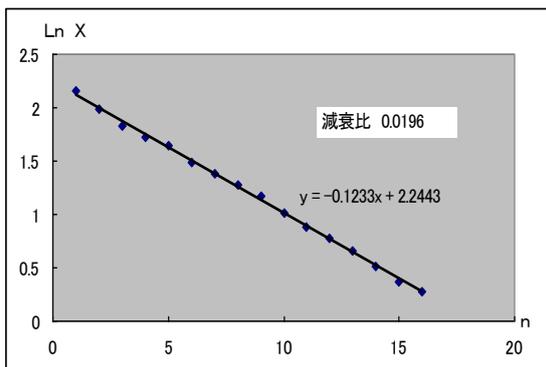


図10 ばね-ダンパー系の振幅減衰

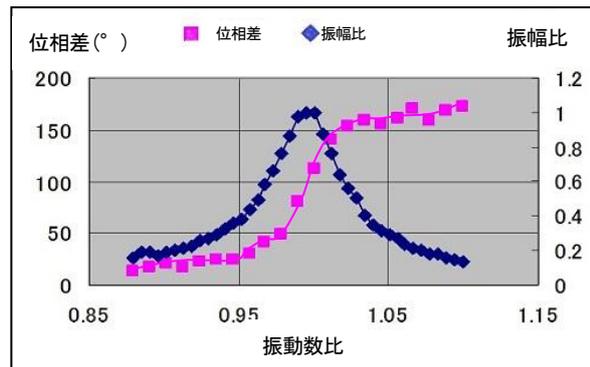


図11 ばね-ダンパー系の周波数応答曲線

8.2 金属細線によるねじり振動の減衰比と共振曲線

数種類の大きさの慣性体の上部だけに細線を取り付け，自由減衰振動させることにより，細線の剛性率を

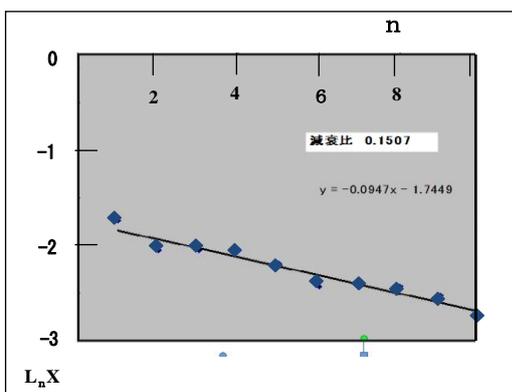


図12 自由減衰ねじり振動の振幅減衰

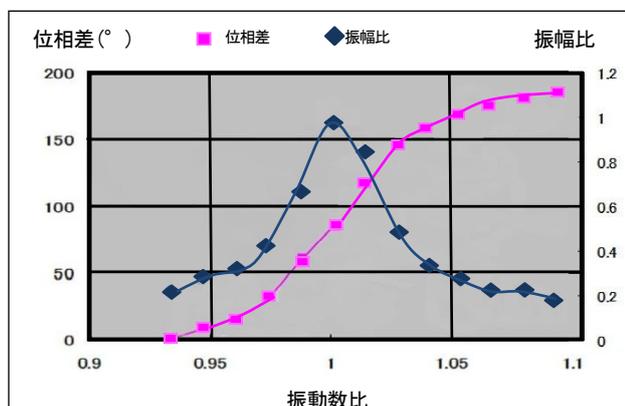


図13 ねじり振動の周波数応答曲線

求めたり、剛性率が既知の細線を慣性体上下につけ、慣性体の慣性モーメントを求めたりすることができることを確認した後、以下の実験を行った。慣性体の上部にナイロンの細線を取り付け、下部にNi-Ti超弾性合金細線を取り付けてねじり振動を観察した。この場合、ねじり係数はNi-Ti合金のほうが大幅に大きいので、結果はNi-Ti合金のねじり振動を行ったと同様となる。実験から求めた剛性率は、使用したNi-Ti合金の剛性率と近い値となった。自由減衰振動から対数減衰率を求めるグラフを図12に、強制振動の共振曲線を図13に示した。これら二つの実験から減衰比を求めると、自由減衰振動からは $\zeta=0.151$ 、強制振動からは $\zeta=0.131$ がそれぞれ得られた。

8.3 矩形はりの振動

8.3.1 静的な曲げ実験から求めた縦弾性率

矩形はりに数種類の静的力を加え、そのときのはりの先端の変位を計測し、力と変位の関係から縦弾性率を求めた。材料は履歴により弾性定数が増えるので、振動実験の前に、この方法で縦弾性率を求めたほうがよい。実験で測定された縦弾性率を表1に示したが、関連文献に示されている参考値と近い値になった。参考値は「金属材料活用辞典」⁹⁾から引用した。

8.3.2 測定された共振周波数

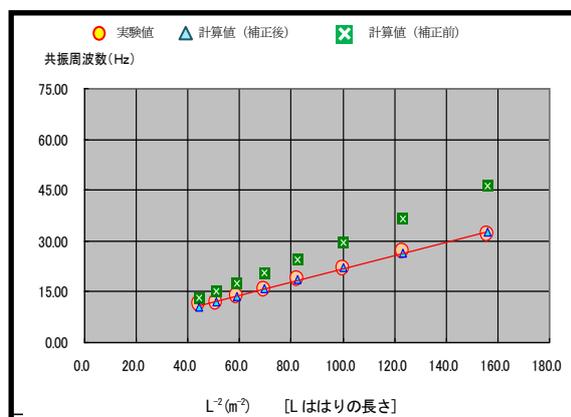
一端を固定したはりの他端に質量の小さい永久磁石をつけ、磁石の中心がヘルムホルツコイルの中心に来るように配置した。片持ちはりの長さを決め、コイルにいろいろな周波数の電流を流し、はりを強制振動させ振幅をそれぞれの周波数ごとに計測した。表計算ソフトを利用し、計測データから共振曲線を作成した。共振曲線の最大値を共振周波数とし、はりの長さに対する共振周波数の変化を調べた。実験で求めたヤング率を用い、板の形状から理論的に求めた共振周波数は、この装置ではりの長さ方向を変化させながら実験的に求めた共振周波数とほぼ一致した。共振周波数の計算に使用した集中質量による λ の値は、超越方程式となるが、表計算ソフトを利用し値を求めた一部を表2に示した。はりの長さの平方の逆数と共

表1 実験に使用した材料の縦弾性率の測定値

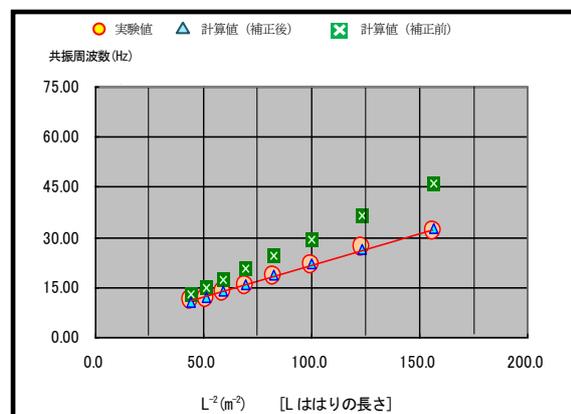
材料	測定値 (GPa)	参考値 (GPa)
黄銅	123	102~124
ステンレス	178	170~196
アルミニウム	73.7	69~79
ポリ塩化ビニル	2.53	1.6~3.4

表2 集中質量による変化する λ の値

材料	黄銅	ステンレス	アルミニウム	ポリ塩化ビニル	
質量比(m/M)	0.13~0.28	0.14~0.30	0.42~0.89	0.22~0.46	
長さ(m)	0.100	1.6217	1.6082	1.3666	1.5188
	0.120	1.6531	1.6407	1.4111	1.5574
	0.140	1.6775	1.6661	1.4478	1.5882



(a) 黄銅



(b) オーステナイト系ステンレス

図14 試験片の長さによる共振周波数の変化

振周波数の関係は線形になり、それをグラフ化すると計測の正確さが判りやすくなる。それを、**図 14**に示した。はりの先端に取り付けた磁石を集中質量とみなし、それを補正していない計算値と、その影響を補正した計算値を示した。これより、集中質量の影響を補正した計算値が実験値と、よく一致することがわかる。測定されたこの値から計算した複素弾性率を使用して共振周波数を計算したが、静的弾性率を使用した場合と同じ値となり、この場合にはその影響が少ないことがわかる。

8.3.3 二つの方法から求めた減衰比

4種類のはりの自由減衰振動と強制振動の実験を行い、自由減衰振動のデータから対数減衰率を求め、それから減衰比を計算した。強制振動の実験データからは共振曲線を計測し、その広がりから減衰比を求めた。**図 15**に、材料の異なる平板の共振曲線を比較したグラフを示した。また二種類の振動実験データから求めた減衰比の値を**表 3**に示した。表中の参考値は、文献「振動のダンピング技術（日本機械学会編）」³⁾から引用した。振動実験のときにエネルギーが散逸する原因が、支持部や空気抵抗などの外部摩擦と材料内部の欠陥などに関係しており、実験条件により値が変動するため、参考値は広い範囲で示されていると思われる。本実験においては、材料による減衰の原因が同じになるように、板の幅を同じくするなど工夫していることにより、各材料において二つの測定方法から求めた減衰比の値に大きな違いが現れなかったと考えられる。

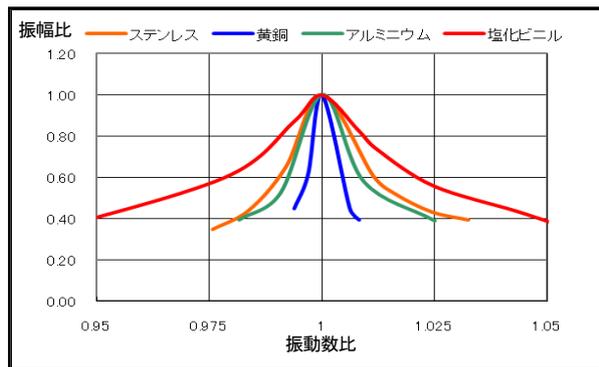


図 15 測定された共振曲線

表 3 測定された減衰比

材料	減衰振動 減衰比 ($\times 10^{-3}$)	強制振動 減衰比 ($\times 10^{-3}$)	参考値 減衰比 ($\times 10^{-3}$)
黄銅	6.40	6.00	2~ 4
ステンレス	8.30	8.00	1~100
アルミニウム	7.70	6.70	0.5~ 5
ポリ塩化ビニル	11.00	10.00	—

9. 考察およびまとめ

卒業研究にてこの装置の作成に当たってくれた学生は約 10 名である。卒業研究を始める時と終了時の学生の様子から、個人差はあるが、卒業研究の過程で初歩的な「知識の総合化」ができたと思われる。参考のために、終了後の感想の一部を以下に示した。誤解を避けるため一部表現をかえてある。

「工作実習の復習になったと共に習ってないことも分かってきた」、「振動の力学モデルの中のばねやダンパーの具体的なイメージができた」、「コイルの磁束密度をガウスメーターで計測したことや、コイルの中においた磁石をつけた部分が振動したのをみて、磁場があるという実感がわいた」、「材料の磁化についての知識が深まった」、「電気機器のコードによる接続にはじめは不安があったが、接続を繰り返してするうちに発信器やアンプの意味がわかったような気がする」……………

なお、作成の過程で、関連した知識や法則は、[力と運動]、[摩擦（粘性、内部摩擦を含む）]、[物体の弾性変形]、[電流と磁気]、[材料の磁気]、[機械加工]などであり、いずれもそれらの分野の初歩的なものである。しかし、振動が減衰する原因は複雑なため、これについては内部摩擦の学習に限った。これらに関わった学生による基礎知識の総合化の度合いには個人差があるが、今後、何らかの形で役に立つと思われる。

作成された装置は、本科4年生の学生実験 および専攻科の学生実験にて、「振動の共振・減衰の基本」の理解を主目的として、現在使用している。本校卒業生が作成したものだと紹介すると、「よく観察し、装置の改良点を指摘する」、「感心する」など、市販の装置を使用した時と異なった、よい意味での影響を学生に与える事が多い。運動方程式から演繹的に現象を予測させ、現象を見せることを主たる目的にしているが、学生の学力と知的好奇心に十分対応するよう、実験内容と指導を工夫しながら使用している。たとえば、振動現象を説明なしに観察させたり、ガウスメーターを用いて磁束密度の測定をするなどの内容を加えたりすることがある。さらに、データ処理をPCの表計算ソフトを正確に利用すると便利であることを確認させること、計測に利用されているレーザの性質や、計測方法の原理を考えさせるなど、知識の幅を広げさせることも可能なときには行っている。

近年、工業界のみならず日常生活において、CPUを利用した機器やシミュレーションソフトが多くなっている。それらを利用しいろいろな知識や現象の理解を深めさせることは効率的で、必要なことと思われる。優れた性能を持った機器に関する知識や「ノウハウ」といわれる知識の豊富さも重要である。しかし、その一方でブラックボックス化された機器が多くなり、入力と出力だけを確認する仕事が多くなっているため、その出力の評価や「ノウハウ」の不十分さを検討するときに、知識の豊富さに加えて広い領域の基礎知識や自然法則から論理的に考える力も必要であるということは、以前から指摘されている。また、講義による数式上の演繹を十分にすることはできるが、それを現象に結びつけることができる能力を育てることが難しいと言われる事がある。学生も私たちも、日常生活において周りにある機器の「仕組み」が解りづらい場面が多くなっていることが、この難しさをさらに大きくしている可能性があると思われる。これらの危惧が少なくなるよう、実際の現象の基本となる知識や法則を理解しやすい実験の仕方が可能な装置を用意する事とその教育方法について、現在も検討を続けている。

10. 謝 辞

これらの装置作りは H17 年度の卒業研究から始められた。卒業研究に当たった学生は卒業しいろいろな分野で活躍していると思われる。熱心に装置づくりに励んだ学生諸君に心よりお礼申し上げます。

この一連の装置作りの当初のころ、多くのご協力とご助言を頂いた元技術室スタッフの山上登志夫氏、田川清三氏に心から感謝の意を表わします。

この装置づくりにおける加工は、本校工場にて行われた。技術創造部のスタッフのご協力に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 入江敏博：機械振動学通論，朝倉書店，1969
- 2) 小出昭一郎：物理学，裳華房，2004
- 3) 日本機械学会：JSME テキストシリーズ 振動学，丸善，2005
- 4) Ed. R.Schaller, G.Fantozzi and G.Gremaud: Mechanical Spectroscopy Q¹ 2001, Switzerland, Trans Tech Publications LTD, 2001
- 5) 日本機械学会：：振動のダンピング技術，養賢堂，1998
- 6) 比企能夫：弾性・非弾性，共立出版，1972
- 7) 日本金属学会編：転位論，丸善，1971
- 8) 小黒貢，阿部修，木曾直吉：低周波領域の氷の内部摩擦 I，北海道教育大学紀要（第2部A）第42巻，第2号，1993
- 9) 金属材料活用辞典編集委員会：金属材料活用辞典，産業調査会，2000

大根収穫機の自動化に関する研究 第2報
— 小型モデルによる実験結果 —

大 柏 哲 治^{*}
石 井 誠 士^{**}
長 岡 裕 子^{***}
三 島 結 花^{***}
小 川 泰 代^{****}

A Study on Automatic Control of the Japanese White Radish Harvester (2)
— Experiments Using Small Proto-type Models —

Tetsuji OKASHIWA
Seiji ISHII
Yuko NAGAOKA
Yuka MISHIMA
Yasuyo OGAWA

Abstract

This study is on the development of automatic control of the Japanese white radish harvester used in both the KAMIKAWA area and the SHIBETSU area in HOKKAIDO. This harvester consists of two devices for pulling radish and for loading a container with many radish. These devices are handled by some operators. At present farmers need to reduce operators for saving the cost of the radish harvest. We developed two small proto-type models of pulling radish and loading devices, which were controlled by computer. We propose the way how to control these small models automatically.

- (1) The device for pulling radish is controlled by a controller using a WEB camera and an OpenCV(Open Source Computer Vision Library). The WEB camera captures a radish and the control software using the OpenCV decides the appropriate position for pulling the radish.
- (2) The device for loading a container is controlled by the Teaching-Playback method. The indication for moving from one point to the next point is given by Laser Range Finder sensing the loading condition of the radish.

We report that these small models are controlled successfully by the above controll methods.

* 制御情報工学科准教授

(平成 22 年 11 月 9 日受理)

** 石井鉄工場

*** 旭川高専専攻科

**** 旭川高専卒業生

1. 結 言

北海道上川地区の大根生産は上川町と士別市で大規模に行われている。作付け面積が広いため収穫には大根収穫機（**図1**）が用いられている。従来の収穫機は、折れやすく傷つきやすい大根を、1本ずつ人手によりコンテナに収納したが、上川町大根生産組合と旭川市の石井鉄工場¹⁾が共同で、人力によらず、大根をコンテナに積み込み収納する作業を機械的に行う大根収穫機を開発した。この収穫機は重労働を回避し人手不足を解消する画期的な収穫機である。



図1 大根収穫機前部（石井鉄工場製 JH90）

しかし現在、農業における担い手不足とコストダウンのため大根収穫機も更なる自動化による省力化が求められている²⁾。本研究は前報²⁾に引き続き、

- (1) 大根引き抜き装置の自動化
- (2) 大根積み込み装置の自動化

を行い、1～2名程度の作業員で引き抜きとコンテナへの積み込みを行う大根収穫機を開発することを目的としている。

前報では、石井鉄工場製大根収穫機 JH90 の性能を検証するとともに、上記(1)(2)を目的とした大根引き抜き装置小型モデルと大根積み込み装置小型モデルの製作を行った。

本報では、これらの小型モデルを用いて実験を行い、実機に搭載するために必要な装置の構造および制御方法について検討することを目的とする。

2. 大根引き抜き装置の自動化

2.1 自動化の目的と大根引き抜き装置小型モデルの構成

大根引き抜き装置小型モデルの構成を**図2**に示す。分かりやすくするため、アームの中心線と、アームに固定されアームと共に上下するフレームの中心線を黄色で、またアーム回転方向を緑矢印で記入した。

アームに取り付けられたフレーム上には大根の葉をつかんで引き抜く装置が取り付けられる。その装置が大根葉を把持する適切な位置を保つようにアームの回転を制御する必要がある。すなわち、フレーム上に取り付けた WEB カメラで大根を撮影し、画像処理により大根の位置を求めたのち、油圧シリンダを伸縮させてアームを回転させ、フレーム位置を制御する。

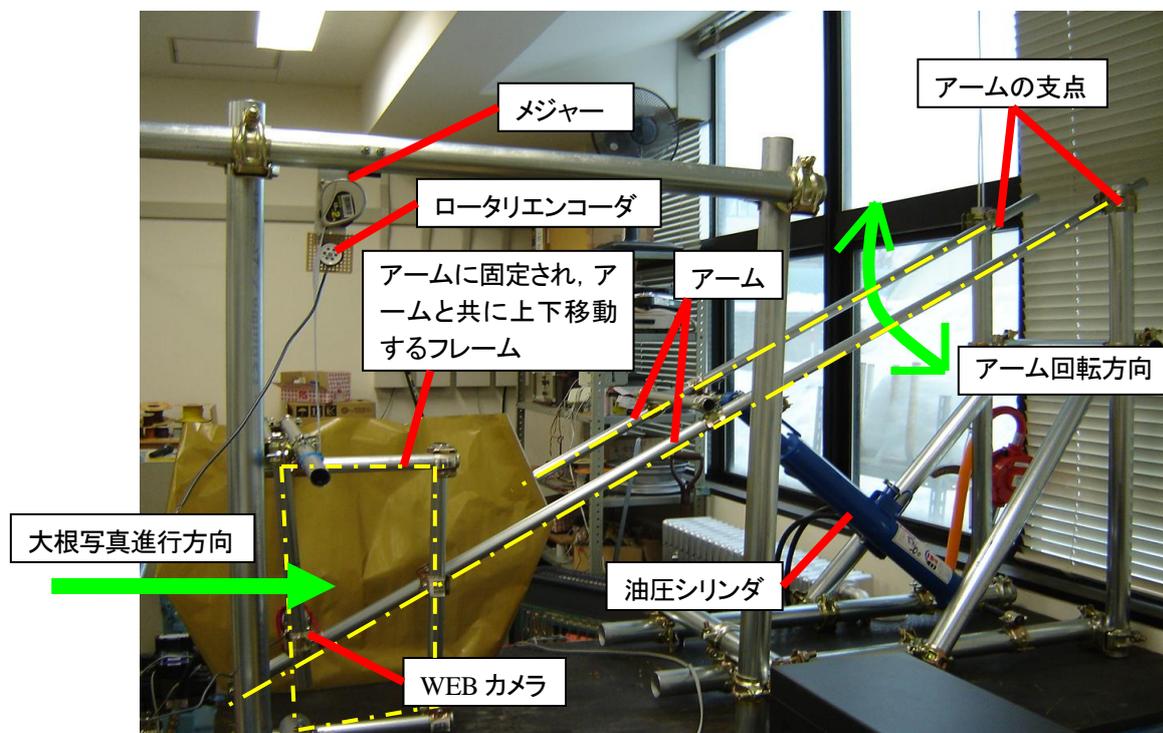


図2 大根引き抜き装置小型モデル

2.2 大根引き抜き装置小型モデルによる実験

以下に、大根引き抜き装置小型モデルを用いた実験について述べる。

アームの位置センサとしてロータリエンコーダを用いた。図3 (a)のようにロータリエンコーダ軸端にプーリを取り付け、図3 (b)のようにメジャーのスケールとプーリの外周が接するように固定フレームに取り付けた。またスケール先端を上下移動フレームに固定した。

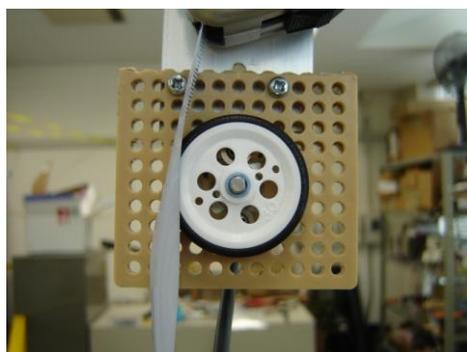


図3 (a) ロータリエンコーダ軸端に取り付けたプーリ

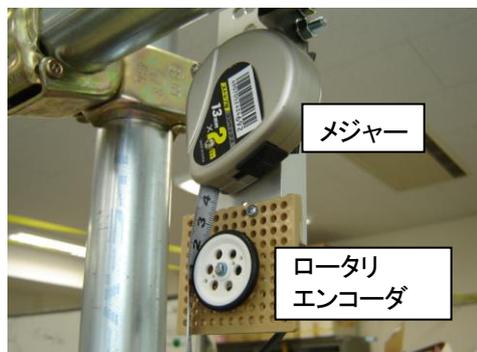


図3 (b) 固定フレームへのロータリエンコーダとメジャーの取り付け

アーム先端に固定されたフレームがアームと共に上昇・下降すると、スケールも伸縮するのでプーリが回転し、ロータリエンコーダで回転量を検出できるので、スケールの伸縮量を計算できる。このスケールの伸縮量を移動フレームの上下移動量とした。

実際に大根収穫機を操作して大根収穫を行っている操縦者に聞き取り調査を行ったところ、大根の胚軸（地上に現れている食用の緑白色部分の名称）先端から約 5cm 上（**図 4**）の大根葉を引き抜き装置で把持するようにしているということであった。そこで本実験では、実際の大根収穫機で大根葉を把持する適切な位置に大根引き抜き装置を停止させることができるように、引き抜き装置小型モデル先端に取り付けられた WEB カメラの画像内の目標位置に胚軸先端が来たときに、引き抜き装置が大根葉を把持する適切な位置に到達したと仮定して、引き抜き装置の上下移動を止めることにした。

本実験におけるフレーム位置制御方法を**図 5**に示す。また手順は以下のようである。



図 4 大根葉の把持位置

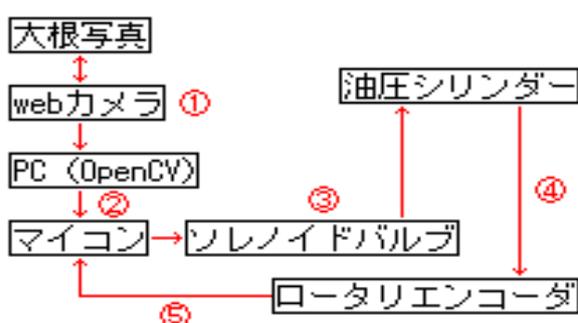


図 5 フレーム位置制御方法



図 6 高さの異なる 3 本の大根写真

- ① 実機では土中の大根の列に沿って装置が移動するが、本実験では小型モデルに対し高さが異なる複数の大根写真を移動させることにより実機の動作を模倣する。今回は、**図 2**の緑矢印の方向に、WEB カメラの前を高さの異なる 3 本の大根写真（**図 6**）を横切らせ、画像をパソコンへ取り込む。
- ② パソコンで画像処理ライブラリ OpenCV³⁾ を利用したプログラムを実行し、大根の胚軸の先端の座標値を求めたのち、予め定めておいた WEB カメラの画像内の目標位置との偏差を計算し、その値を RS232C により制御用マイコン H8 へ送る。
- ③ H8 マイコンは送られてきた偏差に従ってソレノイドバルブを制御し、油圧シリンダーを伸縮させる。

- ④ アームの上下に伴うロータリエンコーダの回転量よりアームの上下移動量を計算し、②で求めた偏差との差が 2mm 以内になったら目標位置に到達したとして、油圧シリンダの伸縮を止める。2mm 以内としたのは、**図3**の方法による測定誤差を考慮した結果である。

2.3 大根の胚軸先端の座標値を求める方法

引き抜き装置によって大根を自動的に引き抜くためには、大根の葉の部分と胚軸の境目を自動的に検出する必要がある。検出手順を以下に示す。パソコンの画像処理プログラム環境には Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition を使用している。



図7 マスク処理後画像

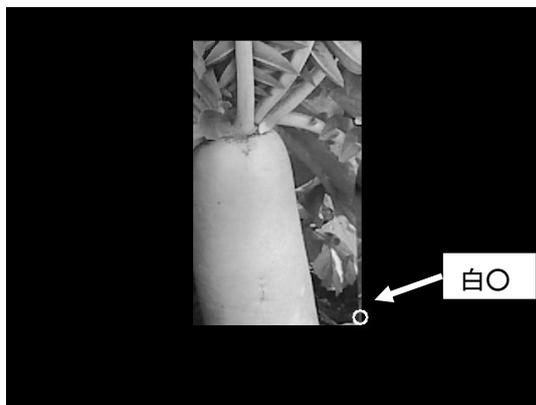


図8 設定した座標 (白○)

- ① WEB カメラから取得した画像をグレースケールに変換する。
- ② 画像内の処理範囲を画像の中心付近とし、範囲外をマスク処理する (**図7**)。
- ③ 処理範囲の右下付近の座標 (**図8**における白○) の濃度値を取得。
- ④ 設定した座標 (**図8** 白○) から左側に進むにつれて x 座標を一定間隔で計 4 点の濃度値を取得する (**図9**の 黒○)。4 点としたのは大根画像内で、汚れで暗い部分もあり、胚軸部分でも葉の部分と同程度の明るさとなることがあるためである。

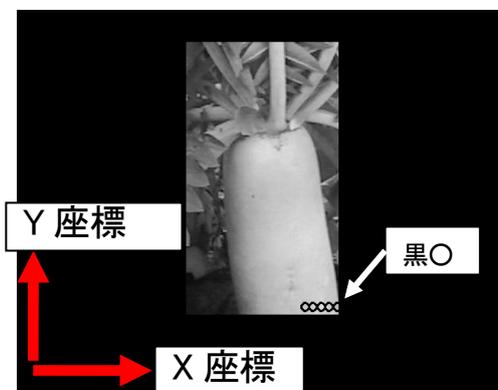


図9 濃度値を取得する点

- ⑤ 一番大根中心に近いと考えられる「4点の内の左端点の濃度値が160以上」かつ「他3点の濃度値が全て160以上」のとき、左端点が大根の中心であると判断した。濃度値を160としたのは、撮影した複数の大根画像において、白色部の濃度値の最低値がほぼ160であったためである。この条件が満たされないときは、大根が存在しないと判断して、次の画面の処理に進む。
- ⑥ 大根中心と想定される点が求められたときは、その点からY方向（上方）に向かって一定間隔毎に濃度値を取得し、連続する3点の平均濃度を求める。
- ⑦ 葉の部分は、胚軸より暗いため濃度値は小さい。そのため濃度値が設定値より小さくなったとき、その点を葉と胚軸の境界と見なした。得られた境界が図10の黒○である。

平均濃度を用いた理由は、大根の胚軸部分が影や泥により部分的に暗くなり、葉と同程度の濃度値になる場合があるため、平均濃度を利用して画素値を平均化し、誤った境界を検出しないようにするためである。

2.4 実験結果

大根写真（図6）の画像を処理して、胚軸先端を検出した結果を図10に示す。丸印が検出された胚軸先端である。大根の高さが異なっても胚軸先端を正しく検出していることがわかる。

胚軸先端を検出すると同時に、胚軸先端が画像内の高さ方向の定めた目標位置で止まるように油圧シリンダを制御した。そのときの画像が図11である。3本とも高さの異なる大根であるが、WEBカメラの画像のほぼ同じ高さに胚軸先端が表示されている。これは、大根の胚軸先端位置が異なっても、フレームの高さが適切な位置に制御されていることを示している。

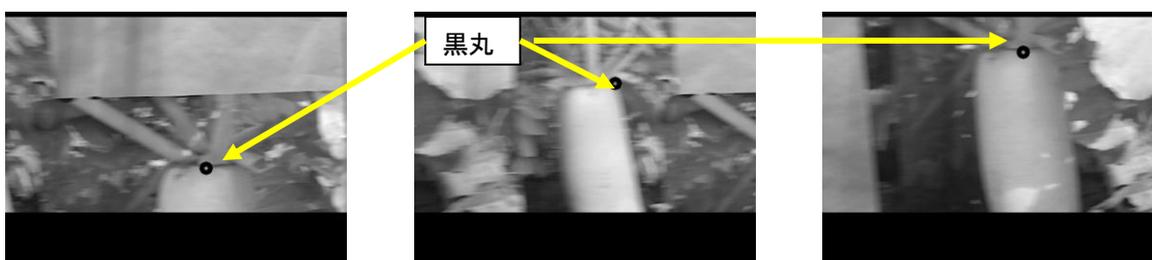


図10 検出された胚軸先端（黒○）

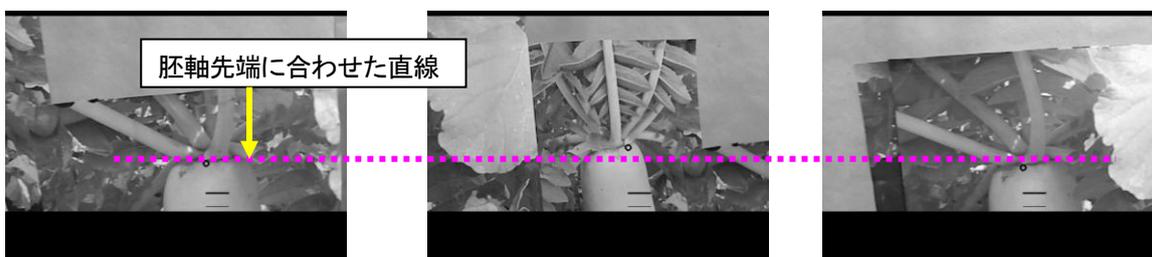


図11 フレーム位置制御を行った時の画像

3. 大根積み込み装置の自動化

3.1 大根積み込み装置小型モデルの構造と自動化の考え方

現在の大根積み込み装置は、操作者が油圧シリンダの手動バルブを操作し、大根が乗ったコンベアと大根を積み込むコンテナの位置と傾きを制御し、積み込み作業を行っている。本研究では、これらの操作を自動化することを最終目的としている。本報ではその第1段階として、コンテナに大根を隙間なく積み込むためにコンテナとベルトコンベアとの適切位置を数カ所(教示点と呼ぶ)ティーチングにより記憶させ、コンテナ内の積み込み状況を確認する測域センサからの情報に従って、教示点間を移動させる手法について検討した。

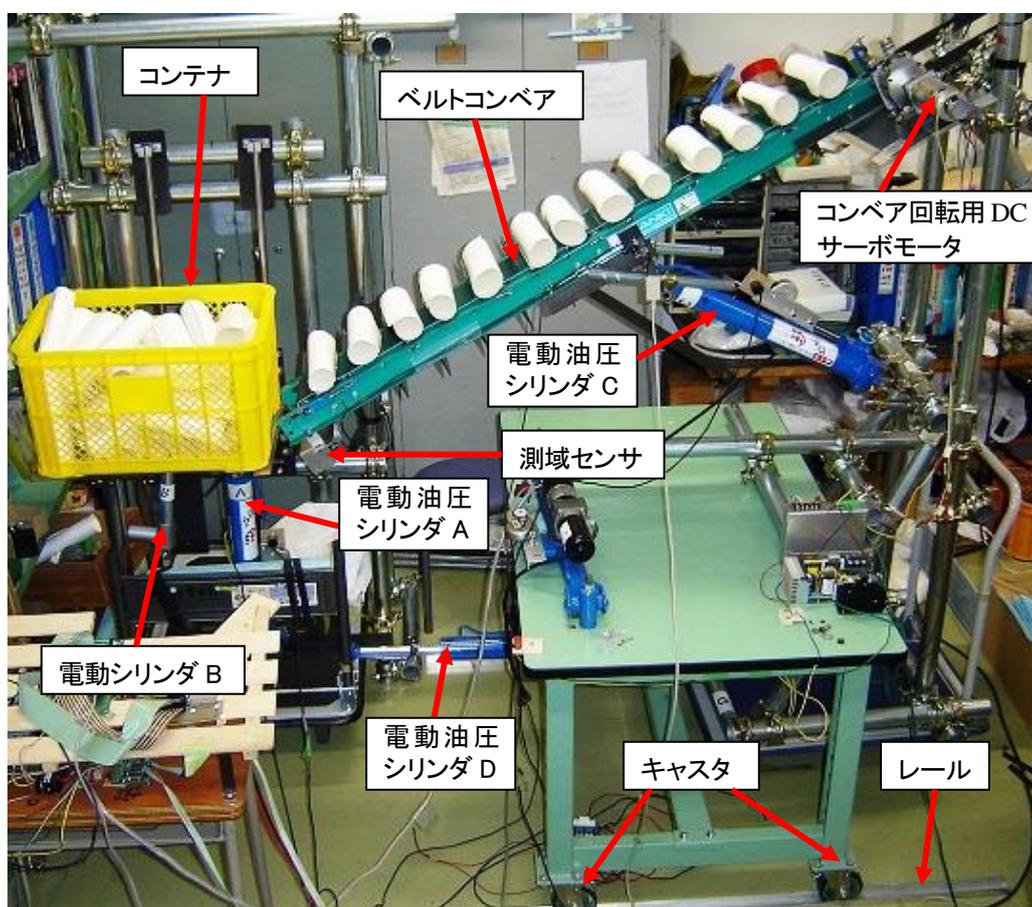


図 12 大根積み込み装置小型モデル

実際の大根収穫機を参考にして製作した小型モデルを図 12 に示す。このモデルは、①コンテナ、②ベルトコンベア、③電動油圧シリンダ A, C, D 3 本(コンテナの高さ、ベルトコンベアの傾き、位置の制御)、④電動シリンダ B(コンテナの傾き制御)、⑤測域センサ(コンテナ内の積み込み状況を確認)から構成されている。また、これらの装置を制御して大根に見立てた白紙筒を教示点に移動するために、ロータリーエンコーダ、制御用マイコンを使用し、ベルトコンベアを回すため DC サーボモータを使用した。小型モデルの制御方法を図 13 に示す。

ティーチングは、手動でシリンダを動かし、コンベア上の白紙筒をコンテナ内に積載する動作をさせた時の各シリンダロッドの伸縮量を記憶させることにより行った。プレイバックでは、記憶した伸縮量に等しく、各ロッドを伸縮させる。各シリンダの伸縮量の情報を得るためには、**図3**で述べた方法と同じ機構を採用している。

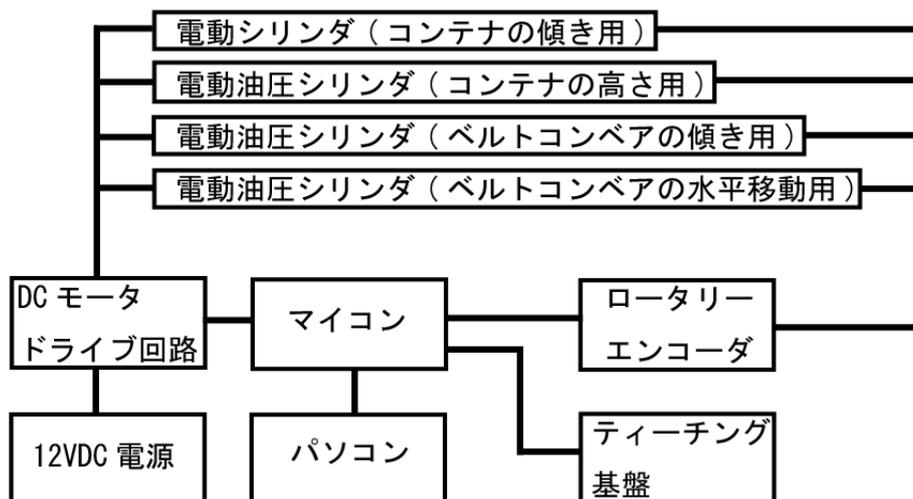


図13 小型モデルの制御方法

3.1.1 コンテナの高さを変える機構

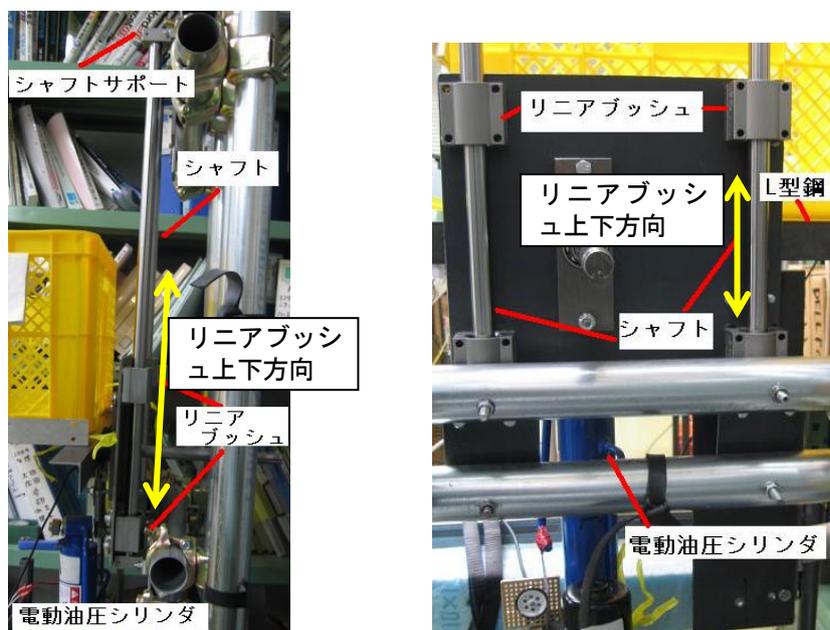


図14 コンテナの高さを変化させる機構

図14に、コンテナの高さを変化させる機構を示す。コンテナを支えるL型鋼と電動油圧シリンダAを1つのプレートで連結させ、そのプレートはリニアブッシュ（SC20、高さ42mm、幅54mm、長さ50mm、

THK(株)社製)に取り付けられている。リニアブッシュは、シャフトサポート(SK20, 軸径 20mm THK(株)社製)に固定されたシャフト(SF20×800, 外形 20mm, 長さ 800mm, THK(株)社製)に沿って移動する。シリンダの伸縮によりプレートが上下することによりコンテナの高さが変わる。

3.1.2 コンテナの傾きを変える機構

コンテナを支える L 型鋼に電動シリンダ B を取り付け、シリンダの伸縮によりコンテナの傾きを制御する。

(図 15)

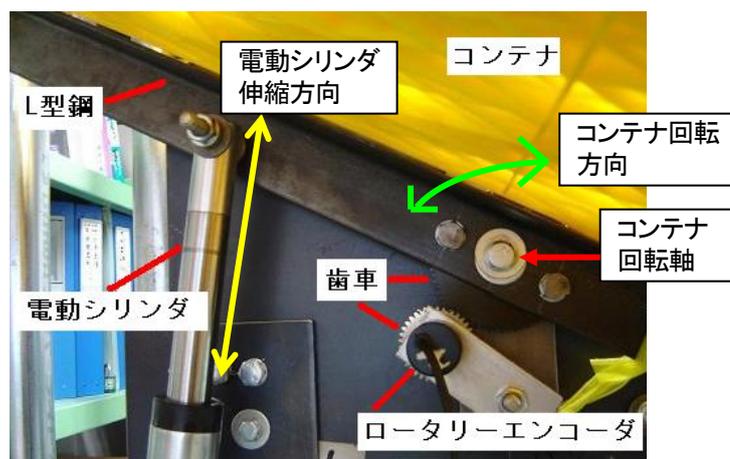


図 15 コンテナの傾きを変える機構

コンテナ傾角の測定は、コンテナの回転軸に取り付けた歯車の回転を、ロータリーエンコーダの軸に取り付けた歯車に伝えることにより行っている。

3.1.3 ベルトコンベアの傾きを変える機構

ベルトコンベアの傾きは、電動油圧シリンダ C の伸縮により、回転軸となる単管の回りにベルトコンベアを回転させて制御する(図 16)。また、ベルトコンベアのベルトは DC サーボモータにより回転させる。

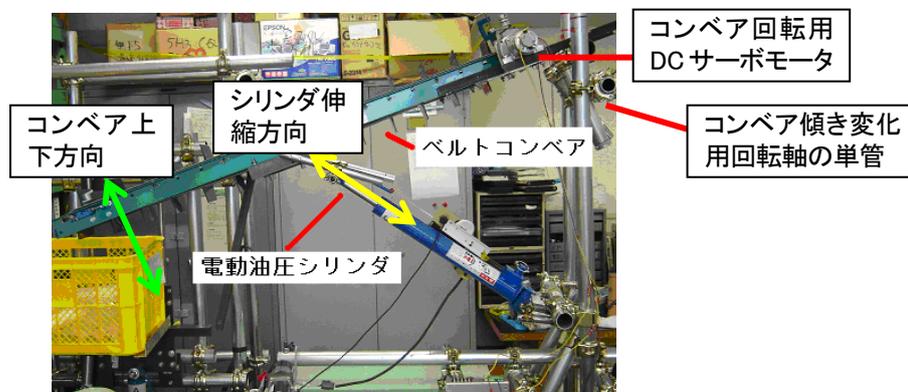


図 16 ベルトコンベアの傾きを変化させる機構

3.1.4 ベルトコンベアの水平移動機構

ベルトコンベアの水平移動は、電動油圧シリンダDをベルトコンベアが取り付けられているキャスタ付き台に取り付け、シリンダの伸縮によりキャスタがレール上を動くことにより行う。(図17)

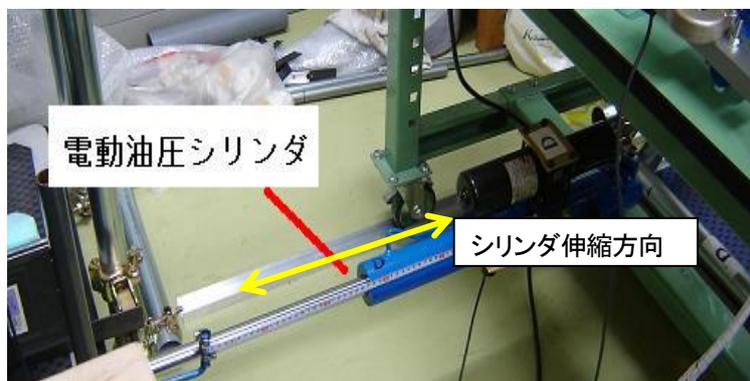


図17 ベルトコンベアを水平移動させる電動油圧シリンダ

3.2 小型モデルを使用したティーチングの手法

作成したティーチング用基板を図18に示す。ティーチング用基板は、ティーチングを行うために必要なIC、スイッチ類をまとめたものであり、主に以下に示す部品で構成されている。

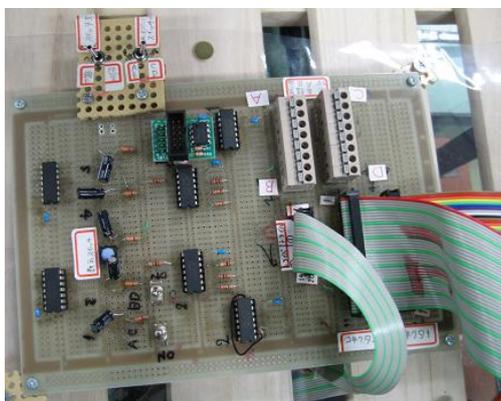


図18 ティーチング用基板

- ・ 教示する場所を指定するプッシュスイッチ
- ・ 4本のシリンダを選択するトグルスイッチ
- ・ 指定したシリンダの伸縮を選択するトグルスイッチ
- ・ ロータリーエンコーダやマイコンと接続する端子台
- ・ 教示点を記憶するEEPROM

使用する4本のシリンダには、図12に示したようにA、B、C、Dと記号をつけてある。ティーチングおよびプレイバックの制御はH8マイコンで行う。プログラムはGCC Developer Lite (ベストテクノロジー社製)のCコンパイラを使用した。ティーチング方式はPoint To Point ティーチングである。

以下に、ティーチング(教示)とプレイバック(再生)の流れを示す。

3.2.1 教示

- (1) 動作させるシリンダのグループと伸縮の区別を、トグルスイッチで選択する(図 19)。シリンダは A と B, C と D の二つのグループに分けられている
- (2) コンベアの位置やコンテナの傾き, 高さを確認しながら, トグルスイッチの ON/OFF によりシリンダを動作させる(図 20)。グループ内のシリンダ選択は, 左右のトグルスイッチのどちらを使用するかで決定される。このとき, 4本のシリンダの伸縮量は, ティーチング用基板と接続されているパソコンのハイパーターミナルウィンドウ上に出力される(図 22)。
- (3) 教示点に到達したら, 教示スイッチ(図 21)を押し, シリンダ伸縮量をマイコンに記憶させる。
- (4) (1), (2), (3)を繰り返し, すべての教示点を決定する。
- (5) 全ての動作を教示し終わったら, パソコンからの指示により, 記憶した順に教示点の情報を EEPROM に保存する。図 23 は, ハイパーターミナル画面上の表示である。

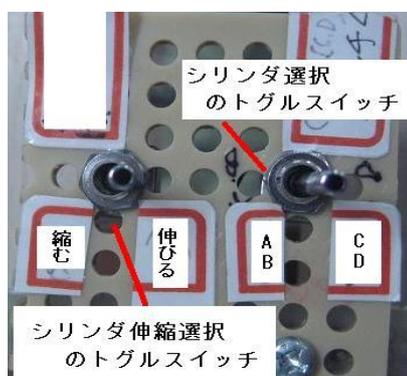


図 19 シリンダ選択, 伸縮選択のトグルスイッチ

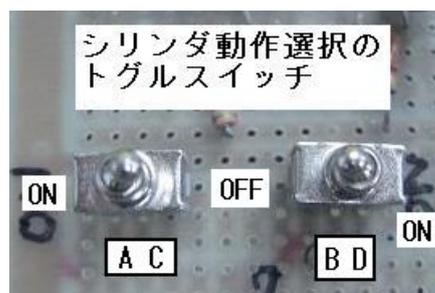


図 20 シリンダ動作選択のトグルスイッチ



図 21 教示スイッチ

3.2.2 再生

- (1) EEPROM に保存した教示点をマイコンに読み込む。読み込まれる際に教示点がハイパーターミナル上に表示される(図 24)。
- (2) 読み込みが終了すると動作を開始し, 読み込まれた教示点へ順に移動する。全て教示点への動作を終了すると開始点に戻り, シリンダは停止する。
- (3) 動作の繰り返しの有無をパソコンから指令する(図 24)。

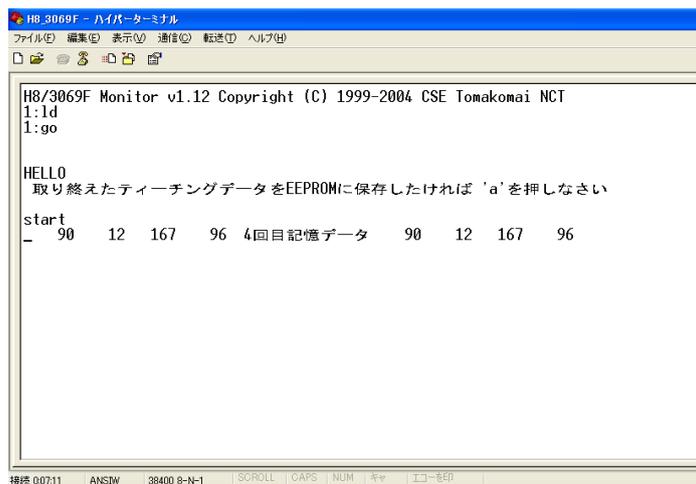


図 22 シリンダの伸縮量の表示 (ハイパーターミナル画面)

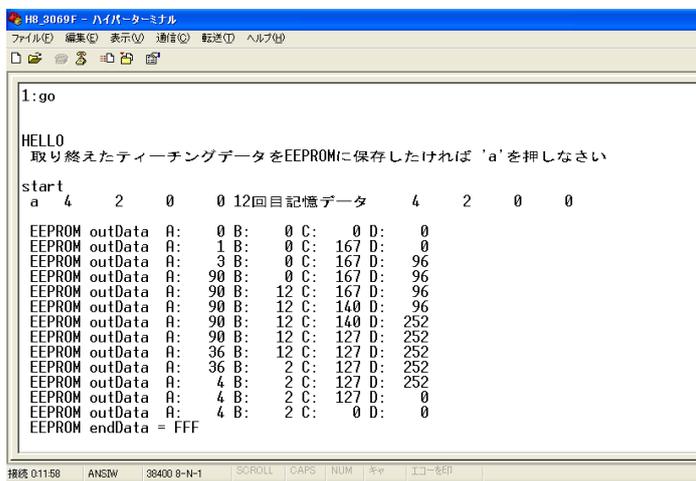


図 23 EEPROM への書き込み (ハイパーターミナル画面)

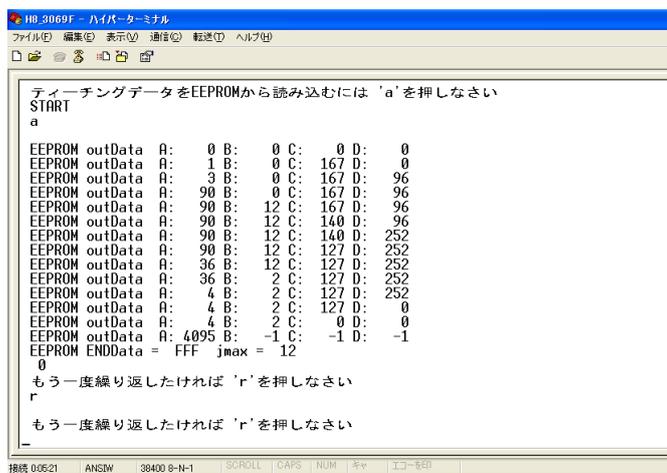


図 24 EEPROM からの読み込み

作成した装置および制御ソフトウェアを用いて教示・再生実験を行ったところ、教示した通りにシリンダの伸縮は再生された。

3.3 測域センサによる積み込み状況の確認

3.3.1 コンテナに大根を隙間なく積載する方法

コンテナに大根を隙間なく積み込むためには、何らかのセンサを使用して大根の積み込み状況を確認し、適切な位置にコンベアとコンテナを移動させる必要がある。

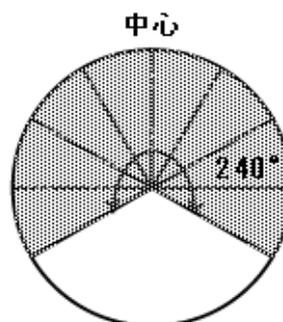
本報では、積み込みは以下の方法で行った。最初に、積み込み開始を行う教示点にコンベアとコンテナを移動させて大根の積み込みを開始する。コンベアから大根がコンテナに山積みされ、ある程度の高さに積まれたことをセンサが検出したらコンベアを次の教示点へ移動させ、コンテナの他の位置で再び積み込みを行う。この動作を繰り返すことによって大根を隙間なく積み込むことができる。次の教示点までシリンダを移動させるための信号は、パソコンより RS232C を用いてティーチングプレイバック制御用の H8 マイコンに送る。

3.3.2 使用したセンサ

コンテナ内の積み込み状況を検出するためのセンサとして、測域センサ(図 25 URG-04LX 北陽電機株式会社⁴⁾)を使用した。使用した測域センサは、レーザ光を検出物に当て 0.36 度ピッチで 240 度スキャンすることにより、測域センサから検出物への距離と方向を検出できる(図 26)。測域センサは USB によりパソコンに接続され、センサからのデータ取得プログラムは Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition で開発した。



図 25 測域センサ



■ 検出範囲 (左右対称 240度)
□ レーザ非発光範囲

図 26 測域センサの検出範囲

3.3.3 測域センサの取り付け

連続的に流れてくる大根がどのように検出されるかを調べるため、測域センサを取り付け金具を使用してコンテナの左側に取り付けた(図 27)。なお、実際の大根収穫機では、大根がコンテナいっぱいになったらコンテナを交換するため、測域センサを直接コンテナに取り付けることはできない。

3.3.4 測域センサによる検出結果

コンテナに取り付けた測域センサで、ベルトコンベアから連続的に流れてくる大根に見立てた白紙筒をスキャンし、どのように検出するかを確認した。紙を流す前の状態と、紙を流してベルトコンベアが動作したさいの検出結果を以下に示す(図 28, 29)。青色の点は測域センサのレーザが反射したコンテナの側面、底面、コンベアの先端、紙筒の位置を示す。図 30 は、図 28 と 29 を同時に表示させたものである。



図 27 測域センサ動作中の様子

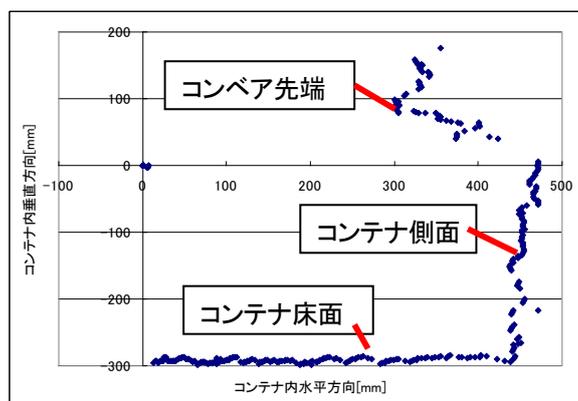


図 28 紙を流す前の状態の測域センサ検出結果

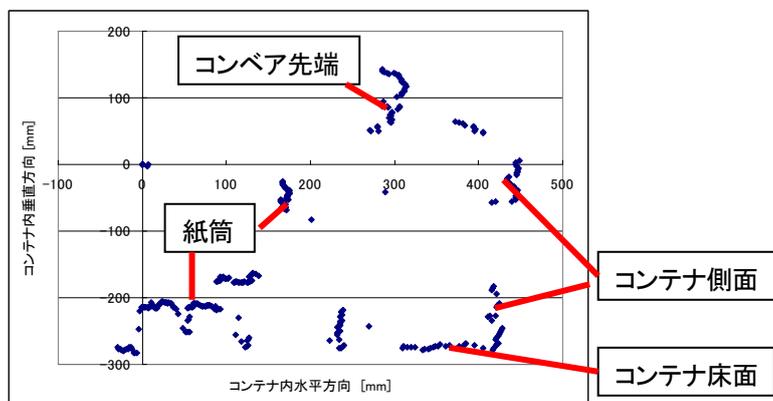


図 29 ベルトコンベア動作中の測域センサ検出結果

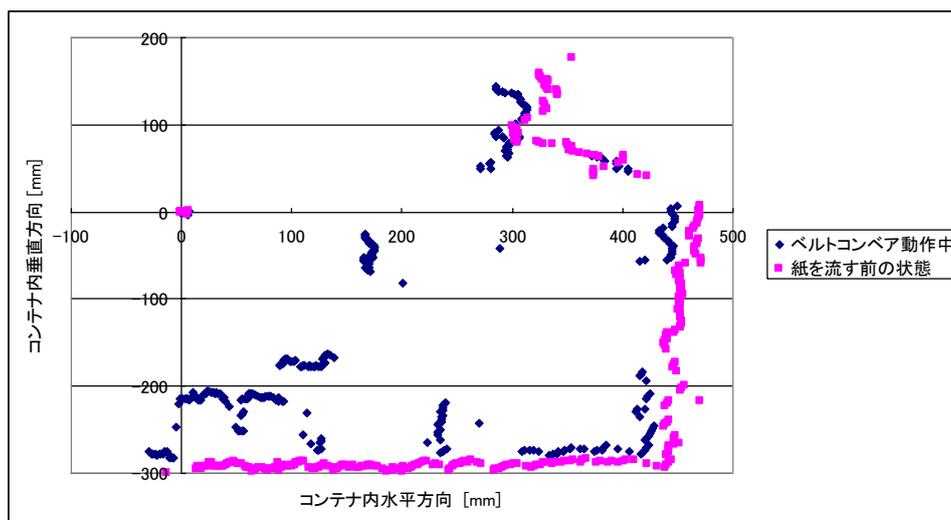


図 30 測域センサの検出結果 (図 28 と 図 29 をあわせたもの)

これらの実験結果より、コンテナの形状とベルトコンベアの先端の形状、またベルトコンベアから落ちてくる紙、コンテナに溜まった紙を検出していることがわかる。

3.4 測域センサを利用した教示点間移動

大根(紙筒)がコンテナに山積みされ、ある程度の高さに積まれたことをセンサが検出したらコンベアを次の教示点へ移動させる動作を検証するため、本報では、ティーチングプレイバック時に、コンベアに取り付けた測域センサの近くに大根に見立てた紙筒を置いて、測域センサが紙筒を検出したら次の教示点に移動させ停止させることを繰り返す実験を行った。

3.4.1 測域センサの取り付けと検出結果

大根積み込み状況を検出するのに最も良いと思われるベルトコンベア先端下側に測域センサを取り付けた (図 31 (a) (b))。図 32 はコンベア先端に取り付けた測域センサによる、検出例を示している。

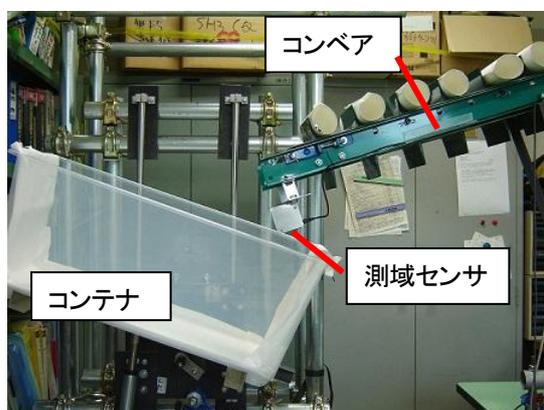


図 31 (a) 測域センサをコンベア先端に取り付ける



図 31 (b) コンベア下側からの様子

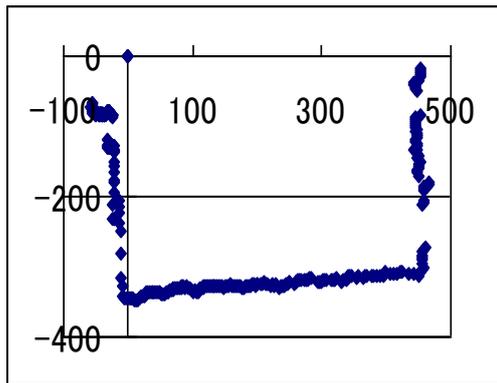


図 32(a) 空のコンテナ内部

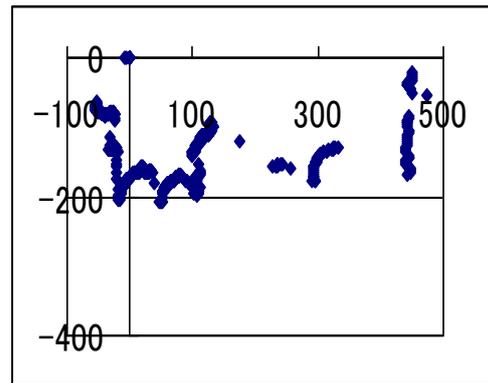


図 32(b) 紙筒が入ったコンテナ内部

3.4.2 積み込み状況の確認と教示点間移動

紙筒がある程度の高さまで積まれたことを測域センサで検出するために、コンベア先端下側に取り付けられた測域センサから紙筒までの距離を利用する。紙筒の存在を認識させるため、以下の2つの方法を検証した。

方法1 測域センサを中心として大小2つの円を設定し、この2円間に紙筒の存在を示す検出点が設定個数以上存在するとき、次の教示点に移動する。

方法2 測域センサ直下の方向に存在する紙筒の検出点のみ使用し、測域センサからの設定距離以内に検出点が設定個数以上存在するとき、次の教示点に移動する。

(1) 方法1を用いたコンテナ移動



図 33 2つの設定半径と検出点の表示

図 33 は大小の設定半径内に検出点が存在することを確認するプログラムを実行中のウィンドウ表示である。表示には OpenGL を用いている。

この方法を用いて検出実験を行ったところ、紙筒が落下することによりできる山以外の、周辺の紙筒やコンテナ形状や落下中の紙筒を検出してしまうため、紙筒の山ができる前に、次の教示点に移動しやすいことが分かった。

(2) 方法2を用いたコンテナ移動

測域センサを取り付けたコンベアの傾きは教示点毎に変化するので、測域センサのスキャンデータの内、どのデータが鉛直下方向を示しているか判断しなければならない。そのために、コンベアの傾きを検出する傾斜センサを取り付けて（D5R-L02-60 オムロン製 図 34）コンベアの傾斜角を求め、測域センサの鉛直下方向の検出点のみ利用するようにした。



図 34 傾斜センサの取り付け

実際には、鉛直下方向の検出点と、その前後の検出点である鉛直方向から ± 0.36 度ずれた2点の計3点すべてが測域センサからの設定距離（この実験では測域センサから130mm）以内に入ったら、次の教示点までシリンダを移動させている。

実験の様子を図 35(a)-(f)に示す。ベルトコンベアは最初、原点（図 35(a)）に置かれている。原点の位置は、コンベアとコンテナが衝突しない限りどこにでも設定できる。教示点1は、ベルトコンベアの初期位置（図 35(b)）を示しており、コンテナへの積み込みが開始されるのは教示点2である（図 35(c)）。教示点2において、積み込みが行われて紙筒の山ができ、測域センサ真下の山の検出点が設定距離以内に入った時、次の教示点3に移動する。本報告では実際に紙筒の積み込みを行わず、測域センサの真下の検出距離以内に紙筒を置いて（図 35(d)）、山の検出の代わりとした。紙筒は確実に測域センサにより検出され、コンベアが次の教示点へ移動したことがわかる（図 35(e)）。これらの動作を行う教示点は、現在三カ所（教示点2～4）設定している。測域センサにより検出を行うのは、これら3個の教示点においてのみである。積み込みが終了したら、教示点5の高さまでコンベアを上昇させてから原点まで戻る（図 35(f)）。

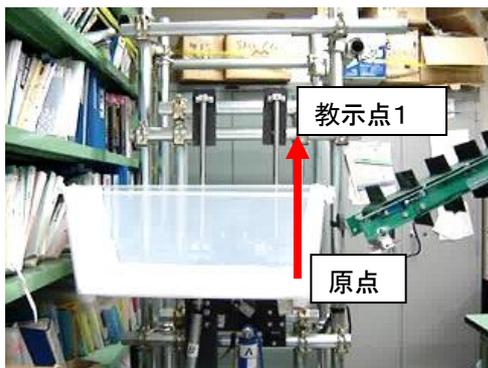


図 35 (a) 原点から教示点 1 へ移動



図 35 (b) 教示点 1 に到着



図 35 (c) 教示点 1 から移動し 2 に到着



図 35 (d) 測域センサの真下に紙筒を置く



図 35 (e) 教示点 2 から 3 に移動後、停止

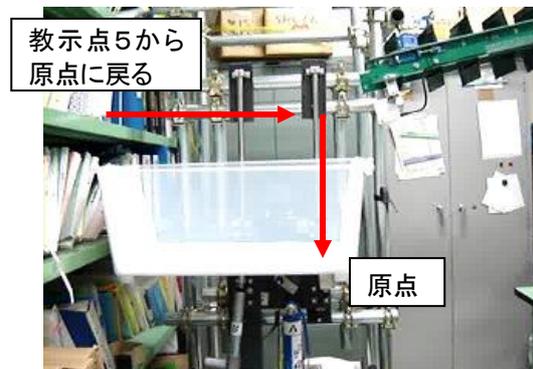


図 35 (f) 教示点 5 から原点に復帰

4. 本研究の成果と考察

4.1 本研究の成果

本研究の成果として、

- (1) 大根引き抜き装置小型モデルを用いて WEB カメラで大根を撮影し、画像処理を行って大根引き抜き装置が大根葉を把持する適切な位置を求めることができた。また、小型モデルの油圧シリンダの伸縮を制御し、得られた把持位置に装置を移動させることに成功した。

(2) 大根積み込み装置小型モデルを用い、積み込みの自動化を行うための基礎実験として、ティーチングプレイバック方式によりコンテナとベルトコンベアの位置決めを行うことが出来た。また、コンベア先端に付けられた測域センサによりコンテナ内の大根積み込み状況を検出し、大根が所定の位置まで積み込まれたら、他の場所へ移動する方法を開発した。

4.2 考察

大根引き抜き装置小型モデルで WEB カメラにより大根を撮影し画像を取得するが、**図9**のように画像処理範囲内に大根画像が入るのは、大根収穫機速度によるが撮影数回に1回である。画像処理範囲内に入り胚軸と葉の境目を見つけてから、油圧シリンダの動作開始まで約 15ms であり短時間である。次の大根が WEB カメラの撮影範囲内に来るまでの時間は大根収穫機速度が最速の場合 250ms、遅い場合 500ms かかるので、 $(250\text{ms} - 15\text{ms}) \sim (500\text{ms} - 15\text{ms}) = 235\text{ms} \sim 485\text{ms}$ で引き抜き装置を適切な把持位置まで上下動させなければならない。引き抜き装置の上昇速度は 10cm/s なので、 $(235\text{ms} \sim 485\text{ms}) \times 10\text{cm/s} = 2.35\text{cm} \sim 4.85\text{cm}$ 上昇する。これが制御限界となり、引き抜き装置の上昇速度によりほぼ決まるといえる。上昇速度を大きくするために引き抜き装置上昇用油圧シリンダの伸縮速度を上げるが、畑に生えている大根の高さの差が 5cm 程度の場合、上昇速度を 2 倍にすれば良い。このことから OpenCV を利用した大根引き抜き装置の自動化は実用的と言える。

5. 今後の展開

大根積み込み装置小型モデルにおいて、実際に紙筒積み込みを行っているさいの測域センサによる検出状況、コンテナの移動の様子は、次報で報告する予定である。また 2011 年 3 月頃までに、実機への大根積み込み装置取り付けと動作実験を行って実用化の目途をつける予定である。

今回は大根引き抜き装置小型モデルと大根積み込み装置小型モデルによる実験結果について報告した。石井鉄工場からは、一部の実験装置の提供・貸与、加工、組み立て、取り付けなどについて多くのご協力を頂いた。これからは双方の装置について実機への搭載装置の製作と動作実験を行い、2～4年間で大根収穫機の自動化を完成させることにより、北海道農業の発展に貢献したいと考えている。

謝 辞

実験装置製作で貴重なアドバイスをいただいた実習工場の山内氏、川江氏、学生に機械加工の指導をしていただいた実習工場技術職員の皆様に感謝いたします。

本研究は平成 21 年度と平成 22 年度の校長裁量経費重点配分プロジェクトの研究促進費で行なわれたものであります。

参 考 文 献

- 1) 有限会社石井鉄工場 : <http://www8.plala.or.jp/iron-works/index.html>, 2010.10
- 2) 大柏, 石井 : 大根収穫機の自動化に関する研究, 旭川高専研究報文, 47 : 23-42 (2010)
- 3) 奈良先端科学技術 Open CV プログラミングブック製作チーム : Open CV プログラミングブック, 毎日コミュニケーションズ
- 4) 北陽電機株式会社 測域センサ URG-04LX 仕様書

酵母と細菌に対するスパークリングワインの凍結殺菌能

富 樫 巖^{*}
永 井 一 輝^{**}
亀 田 剛^{***}
土 田 義 之^{****}

Possibility of Freezing Sterilization to Yeast and Bacteria in Sparkling Liquor

Iwao TOGASHI
Kazuki NAGAI
Tsuyoshi KAMEDA
Yoshiyuki TSUCHIDA

Abstract

The freezing sterilization-performance of sparkling wine at -20 and -80°C was evaluated, using nine strains of yeast containing *Saccharomyces cerevisiae* NBRC 0308 and two strains of bacterium. The performance was discovered only for the yeast in about five days at -20°C, while that was not demonstrated for the yeast at -80°C and for the bacteria. Mixed-solution of the carbonated water and ethanol containing more than 0.05% lactic acid had the same ability as the wine. *S. cerevisiae* which survived after freezing sterilization was able to be increased. There was no change in the fermentation-ability of *S. cerevisiae* which survived after the sterilization processing.

1. 結 言

酵母の2次発酵による発泡性アルコール飲料（以下、発泡酒類）の開発を企画している企業から、同発酵を終えた発泡酒類をマイナス20°C程度で10日間程度凍結させると酵母の生菌数が激減したとの情報が寄せられ、その凍結殺菌能発現の条件確定を求められた。凍結によって溶液中の微生物がある程度の割合で死滅することは考えられるが、発泡酒類の凍結と酵母生菌数減少との関係に強い興味を抱いた。

* 物質化学工学科教授

(平成22年11月9日受理)

** 応用化学専攻修了生（現・長岡技術科学大学大学院）

*** 物質化学工学科卒業生（現・群馬大学工学部）

**** 苫小牧工業高等専門学校 地域共同研究センター特命教授

そこで寒冷地・北海道で活用できる新たな微生物制御のヒントが生まれる可能性を期待し、発泡酒類のモデル溶液として市販のスパークリングワイン、炭酸水、炭酸水・エタノール混合液等を供試し、アルコール発酵酵母、カンジダ酵母、野生酵母等に加えて細菌（枯草菌、大腸菌）に対する凍結殺能の発現の有無や発現条件、そして殺菌能のメカニズムの検討を試みることにした。

2. 実験方法

2.1 供試材料

供試菌としては、以下の9菌株を使用した。

カルチャーコレクション菌株酵母：2菌株

1) *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex Hansen NBRC 0308

2) *Candida albicans* (Robin) Berkhout NBRC 1594

カルチャーコレクション菌株細菌：2菌株

3) *Bacillus subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872 NBRC 3134

4) *Escherichia coli* (Migula 1895) Castellani and Chalmers 1919 NBRC 3972

野生菌株酵母（旭川高専保存菌株）：5菌株（表1参照）¹⁾

表1 旭川高専保存菌株・酵母5菌株の分離原

菌株番号	分離源	分離年月日
ANCT-06051	旭川市内のナナカマド果実	2006.12.17
ANCT-07009	市販ドライイースト	2007.06.12
ANCT-07017	旭川市内のツツジ花卉	2007.07.04
ANCT-07018	青森県産のリンゴ皮部（ジョナゴールド）	2007.07.04
ANCT-07023	深川市納内産のサクランボ果実	2007.09.10

これらの供試菌株はいずれも継代培養保存されていたもので、各種試験に用いる場合には温度25℃において酵母についてはPDA平板培地、細菌についてはブイヨン寒天平板培地にてそれぞれ2日間前培養したものを種菌とした。

供試したモデル溶液については、保存温度と保存期間とを併せて表2に示した。N社市販品のスパークリングワイン（アルコール分5%、GV2.5）を含む6系列10種類を使用した。炭酸水はS社市販品(GV3.6)、乳酸は食品添加物用（濃度90%）を用い、エタノールは試薬（濃度99.5%）を用いた。なお、GVはガス容量を意味し、1気圧において炭酸飲料の容量に対して何倍量の二酸化炭素が含まれているかを示す。一般的にGV値が1.5～2.0程度で微炭酸飲料に該当するとされる。

2.2 供試溶液と保存条件の殺菌能評価方法

1.5 ml 容エッペンドルフマイクロチューブに生理食塩水(0.9%)を1 ml 分注し、それに前培養した各

平板培地の菌体を所定量接種して供試菌株の懸濁液を調製した。一方、15 ml 容サンプル管に表 2 に示す各供試溶液を 9 ml 分注し、それに各供試菌株の懸濁液を全量接種したものを出発試料とした。それらを 1.5 ml 容エッペンドルフマイクロチューブ 1 ml ずつ分注し、表 2 に示す条件下で保存した。出発試料の微生物濃度については、トーマの血球版で全菌数をカウントして約 10^6 個/ml レベルとした。なお、7°C (冷蔵) は冷凍冷蔵庫 (㈱日立製作所製)、-20°C (凍結) はアルミブロック超低温槽 (㈱トミー精工製)、-80°C (凍結) は小型超低温槽 (日本フリーザ(株)製) をそれぞれ使用した。

表 2 発泡酒類のモデル溶液と微生物の保存条件

モデル溶液	保存条件	
	温度 °C	日 数
スパークリングワイン	7, -20, -80	5, 10, 15(一部)
純 水	-20	
炭 酸 水		
エタノール水溶液 (5, 10 v/v%)		
炭酸水・エタノール (5, 10 v/v%) 混合溶液		5
炭酸水・エタノール (5 v/v%)・乳酸 (0.01, 0.05, 0.1w/v%) 混合溶液		

出発試料 1 ml, および所定期間保存後に室温で融解させた試料 1 ml を生理食塩水 9 ml に投入することで順次 10, 100, 1000, 10000 倍の希釈液を調製した。各希釈液 0.2 ml を直径 9 cm の PDA 平板培地またはブイヨン寒天平板培地に接種し、25°C で 2 日間培養することで供試微生物の生菌数 cfu/ml を測定した²⁾。なお、各平板培地の繰り返し数は 2 枚とした。

2.3 凍結処理後に生き残った *S. cerevisiae* の増殖能とガス発生能

増殖能の把握は、スパークリングワインに *S. cerevisiae* を接種して -20°C で 5 日間凍結処理後にその生菌数を測定すると共に、融解直後から温度 25°C で 5 日間培養したエッペンドルフマイクロチューブ中の酵母の生菌数を測定することで行なった。

ガス発生能の観察³⁾は、凍結処理を施していない酵母と -20°C で 5 日凍結処理後に生菌数を測定したコロニーの酵母を供試して行なった。両者と生理食塩水とを遠心分離機 (7500 rpm, 1 分間) を用いて分離した後 3 回洗浄して 100 ml の YM 培地に接種し、全菌数が 10^5 /ml オーダーの酵母懸濁液を調製した。この懸濁液 16 ml をアインホルン発酵管に分注し、温度 25°C で培養を行って経時的にガス発生量を測定することで発酵能を把握した。同発酵管の繰り返し回数は 5 本とし、最大と最小値を除いた 3 本の値を用いて平均ガス発生量を算出した。

3. 結果と考察

3.1 スパークリングワインの凍結殺菌能

発泡酒類の凍結殺菌能を確認するためにスパークリングワインに 4 菌株のカルチャーコレクション菌株をそれぞれ接種し、温度 7 , -20 , および-80 °C に最長 10 日間保存した。それらの生菌数を経時的に測定し、表 3~5 に各保存温度の生菌数の結果を示した。

表 3 スパークリングワイン中の生菌数の経時変化 (7°C・冷蔵)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	保存日数		
	0	5	10
<i>S. cerevisiae</i> NBRC 0308	2.3	0.15	0.62
<i>C. albicans</i> NBRC 1594	1.2	0.60	0.62
<i>B. subtilis</i> NBRC 3134	1.0	0.24	0.22
<i>E. coli</i> NBRC 3972	>15	12.0	2.8

表 4 スパークリングワイン中の生菌数の経時変化 (-20°C・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	保存日数		
	0	5	10
<i>S. cerevisiae</i> NBRC 0308	2.3	<0.0015	<0.0015
<i>C. albicans</i> NBRC 1594	1.2	<0.0015	<0.0015
<i>B. subtilis</i> NBRC 3134	1.0	0.27	0.22
<i>E. coli</i> NBRC 3972	>15	1.2	0.11

表 5 スパークリングワイン中の生菌数の経時変化 (-80°C・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

供試菌株	保存日数		
	0	5	10
<i>S. cerevisiae</i> NBRC 0308	2.3	0.60	0.67
<i>C. albicans</i> NBRC 1594	1.2	0.19	0.24
<i>B. subtilis</i> NBRC 3134	1.0	0.29	0.23
<i>E. coli</i> NBRC 3972	>15	>15	>15

供試した酵母 2 菌株について-20°Cに 5 日間以上、凍結保持することで生菌数が 3 桁以上減少した。一方、他の温度条件および細菌 2 菌株については生菌数が 1/2~1/5 程度の減少であった。この結果から、微生物

の種類と温度の組み合わせによりスパークリングワインの殺菌能が変化することが示唆されたことになる。

次に旭川高専保存菌株の酵母5菌株を供試し、-20℃の環境に5日間投入して各生菌数の変化を測定した。その結果を表6に示したが、5菌株の酵母もカルチャーコレクションの酵母と同様に生菌数が3桁以上減少した。5日に満たない場合の凍結期間の効果が気になるが、スパークリングワインを-20℃で一定期間（5日間程度）凍結することで多種類の酵母に対する殺菌能が発現することが明らかになった。

表6 旭川高専保存菌株・酵母の生菌数（スパークリングワイン、-20℃・凍結）

単位:10⁶ cfu/ml

酵母菌株	保存日数	
	0	5
ANCT 06051	10.6	<0.0015
ANCT 07009	2.1	<0.0015
ANCT 07017	18.7	0.0032
ANCT 07018	12.5	0.0018
ANCT 07023	4.4	<0.0015

-20℃の凍結により発現するスパークリングワインの酵母に対する凍結殺菌能の要因を把握するための第一歩として、同ワインを純水に替えて同様の試験を行った。その結果、酵母2菌株(*S. cerevisiae*, *C. albicans*)と細菌2菌株(*B. subtilis*, *E. coli*)共に、15日間経過後においても生菌数が最大で3割減少したに過ぎなかった。

3.2 -20℃における炭酸水、エタノール水溶液等の酵母に対する凍結殺菌能

酵母に対するスパークリングワインの凍結殺菌能に関与する物質を明らかにするために、同ワインに含まれる二酸化炭素とエタノールに注目して *S. cerevisiae* および *C. albicans* を供試し、炭酸水、エタノール水溶液、炭酸水・エタノール混合液を用いた-20℃の凍結試験を行った。

始めに、炭酸水と-20℃の組み合わせで10日間酵母を保存して生菌数の経時変化を測定した。その結果、*S. cerevisiae* で最大で6割の減少が生じ、*C. albicans* で生菌数がやや増加する傾向が観察された。

次に、5または10%のエタノール水溶液と-20℃の組み合わせで *S. cerevisiae* を5または10日間保存し、生菌数の経時変化を測定した。その結果、5日間の保存ではほとんど変化がなく、10日間で生菌数が最大で1/5程度減少した程度となり、エタノール濃度の影響は観察されなかった。従って、炭酸水単独またはエタノール単独では殺菌能が発現しないものと判断した。

スパークリングワインには二酸化炭素とエタノールが含まれていることから、炭酸水とエタノールの組合せの効果を検討した。エタノール濃度が5または10%となるように調製した混合液を用いて-20℃で最大10日間保存し、生菌数の変化を表7に示した。その結果、エタノール10%炭酸混合液の10日間保存において *S. cerevisiae* の生菌数が一桁前後減少したものの、表4に示された結果とは大きく異なっており、二酸化炭素とエタノールの組み合わせがスパークリングワインの凍結殺菌能に関与している可能性は低い。

3.3 炭酸水・エタノール混合液への乳酸の添加効果

清涼飲料水や清酒やワインなどの醸造酒には乳酸などの有機酸が含まれており、その有機酸濃度は清酒で0.2%程度、ワインで0.5~0.7%が一般的とされる⁴⁾。そこで、炭酸水・エタノール・乳酸の組合せによる凍結殺菌効果を検討した。エタノール濃度5%の炭酸水に0.01, 0.05, 0.1%となるように乳酸を添加した溶液に供試菌株を接種し、-20℃で5日間の凍結処理を行って得られた結果を表8に示した。乳酸の添加濃度は清涼飲料水の値(0.05~0.2%)⁵⁾を参考にしたが、清酒においても0.1%程度の乳酸が含まれている⁶⁾。

その結果、乳酸濃度0.01%では両菌株の生菌数はほとんど減少しなかったが、同0.05と0.1%では生菌数が2桁以上減少し、スパークリングワインの場合とはほぼ同様の結果となった。*S. cerevisiae*と*C. albicans*の初発生菌数がやや少なかったことで3桁を超える生菌数減少には至らなかったが、乳酸の存在が-20℃での凍結殺菌に大きな影響を及ぼしていることが示された。

表7 炭酸水・エタノール混合液中の生菌数の経時変化 (-20℃・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

		保存日数		
供試菌株	エタノール濃度 v/v%	0	5	10
<i>S. cerevisiae</i> NBRC 0308	5	0.37	0.047	0.060
	10	0.26	0.033	0.010
<i>C. albicans</i> NBRC 1594	5	2.3	0.63	0.60
	10	1.2	0.40	0.34

表8 カルチャーコレクション菌株の生菌数 (炭酸水+エタノール5%+乳酸, -20℃・凍結)

単位:10⁶ cfu/ml

炭酸水+エタノール5 v/v %+乳酸		保存日数	
供試菌株	乳酸濃度 w/v%	0	5
<i>S. cerevisiae</i> NBRC 0308	0.01	2.0	1.2
	0.05	0.58	<0.0015
	0.10	0.69	<0.0015
<i>C. albicans</i> NBRC 1594	0.01	1.0	0.7
	0.05	1.2	<0.0015
	0.10	0.79	<0.0015

3.4 *S. cerevisiae* に対するスパークリングワインの凍結殺菌能における融解・再凍結の影響

-20℃における最大10日間の凍結処理において、期間途中に室温での融解操作を1回組み込み、融解直後に再凍結を行う操作が*S. cerevisiae*の生菌数に与える影響を検討した。具体的には、保存期間2日間の場合には1日経過後に融解して再凍結した試験区と2日間連続保存した試験区、保存期間10日間の場合には5日経過後に融解して再凍結した試験区と10日間連続保存した試験区を設けた。得られた生菌数の変化を図

1に示したが、凍結・融解操作が生菌数に与える影響はみられなかった。これより、酵母が凍結時や融解時に死滅するのではなく、凍結状態が維持されることで生菌数の減少が進行するものと考えられる。

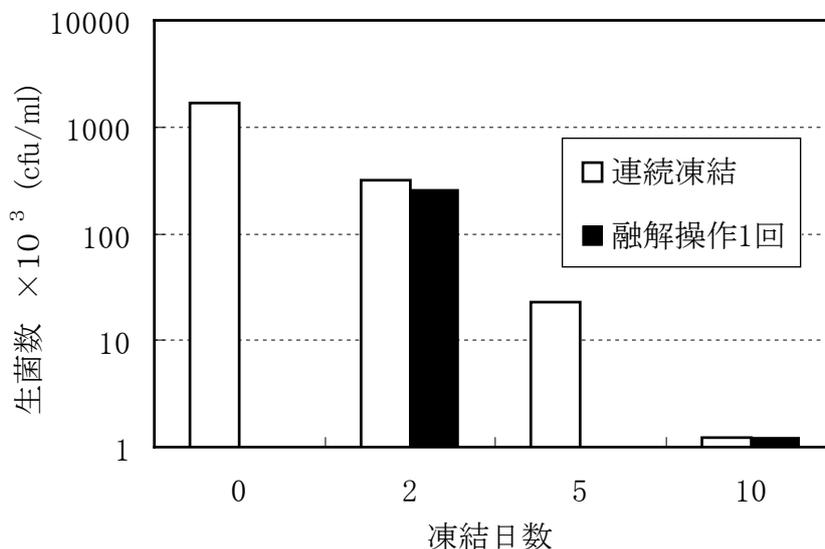


図1 *S. cerevisiae* の生菌数に及ぼす-20℃での凍結時間と融解操作の影響

スパークリングワインの-20℃での凍結殺菌能には乳酸が大きな役割を發揮している可能性を述べた。そこで酵母、乳酸、凍結、殺菌の4つをキーワードにした文献検索を行なったところ、乳酸を含む有機酸の水溶液を凍結した際に生じる有機酸の濃度上昇と有機酸と水の共晶が *S. cerevisiae* を死滅させる主要因であることが報告されていた⁷⁻¹²⁾。なお、共晶の殺菌能についてはおよそ-10から-40℃の温度範囲に限られることも指摘されている⁸⁾。その詳細については明らかになっていないが、本試験においても同様の要因が *S. cerevisiae* を始めとする供試酵母の生菌数に大きな影響を与えたものと推察できる。

3.5 凍結処理後に生き残った *S. cerevisiae* の増殖能とガス発生能

凍結処理が生き残った酵母の増殖能とガス発生能にどのようなダメージを与えているかを検討した。増殖能の観察は、スパークリングワインに *S. cerevisiae* を接種して-20℃で5日間凍結処理後にその生菌数を測定すると共に、融解直後から温度25℃で5日間培養したエッペンドルフマイクロチューブ中の酵母の生菌数を測定することで行なった。その結果を表9に示したが、初発生菌数濃度が10⁸ cfu/ml レベルと高かったためか凍結処理後の生菌数は5桁も低下した。しかし、生菌数は25℃で5日間の培養を施すことで10¹¹

表9 解凍後の *S. cerevisiae* の増殖能

単位:10⁶ cfu/ml

	初発生菌数	-20℃で5日間凍結後の生菌数	解凍後に25℃で5日間培養後の生菌数
生菌数	170	0.0016	110000

cfu/ml レベルまで増加した。従って凍結処理が、生き残った酵母の増殖能に与えたダメージはほとんど無いものと推察された。

ガス発生能の観察は、凍結処理を施していない酵母と表 9 で-20℃で 5 日凍結処理後に生菌数を測定したコロニーの酵母を供試して行なった。酵母の初発菌数あたりのガス発生量を図 2 に示すが、両者に顕著な違いがないことから、凍結処理が生き残った酵母のガス発生能に与えたダメージはほとんど無いものと考えられる。

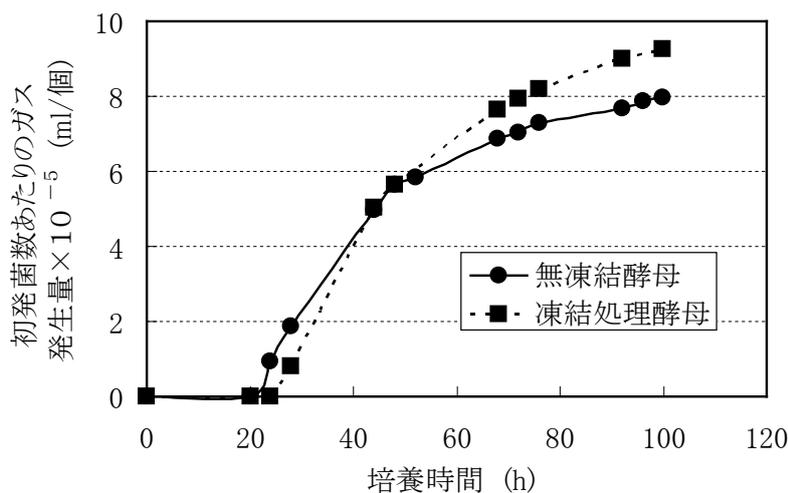


図 2 凍結処理が *S. cerevisiae* のガス発生能に及ぼす影響 (25℃)

4. 結 論

市販のスパークリングワインにアルコール発酵酵母、カンジダ酵母、野生酵母等、枯草菌、および大腸菌を接種して-20℃で 5 日間程度凍結すると酵母の生菌数のみが 3 桁以上減少することを確認した。この凍結殺菌能の発現には発泡酒類に含まれる二酸化炭素とエタノールの関与は皆無に近く、乳酸が 0.05%以上含まれる場合のみにスパークリングワインと同様の殺菌効果が生じた。

凍結温度-80℃や非凍結状態では殺菌能はみられないことから、凍結殺菌能の発現には温度域が限定される可能性が示唆された。すなわち、上述のように一定以上の乳酸濃度と凍結温度の両条件が揃う必要がある。また、今回の検討で確認された殺菌能は酵母に対してのみであることから、その他の真核微生物に対する影響が気になるところである。同時に、酵母に対する凍結殺菌の主要因は乳酸を始めとする有機酸の存在、および有機酸と水の共晶生成であることが報告されているが、細菌が影響を受けなかったことに興味を持たれる¹³⁾。

本検討での凍結殺菌条件では酵母の生菌数を皆無にすることができず、加えて凍結後に生き残った *S. cerevisiae* は増殖能とガス発生能を維持していた。凍結処理により *S. cerevisiae* の大多数は死滅するが、生き残った細胞に不可逆的なダメージは残っていないことが推察される。研究の発端になった 2 次発酵による発泡酒類に対して得られた結果を当てはめると、凍結処理以降においても製品の温度管理の配慮が求められる。

参 考 文 献

- 1) 永井一輝:寒冷地に分布する野生酵母の特性把握の試み・平成 19 年度卒業研究論文, 旭川工業高等専門学校物質化学工学科: 1-14 (2008)
- 2) 保田仁資:食品衛生実験, 東京化学同人: 125-128 (2005)
- 3) 化学実験テキスト研究会:バイオテクノロジー, 産業図書, 120-123 (2003)
- 4) 大場孝宏:酸味を生かした清酒, 生物工学会誌, 88(10): 534 (2010)
- 5) 松浦寿喜:よくわかる最新食品添加物の基本と仕組み, 秀和システム: 64-66 (2008)
- 6) 浅野忠男:清酒酵母の有機酸生成に関する研究, 生物工学会誌, 85(2): 63-68 (2007)
- 7) 早川潔, 佐藤光弘:食塩水の共晶生成と酵母の凍結障害, 醗酵工学会誌, 58(6): 415-421 (1980)
- 8) 早川潔, 佐藤光弘:酵母における共晶生成による致死作用に及ぼす温度の影響, 醗酵工学会誌, 59(4): 289-295 (1981)
- 9) 早川潔, 佐藤光弘:有機酸水溶液中における *Saccharomyces cerevisiae* の凍結障害, 醗酵工学会誌, 60(4): 191-196 (1982)
- 10) 早川潔:糖類溶液中における酵母の凍結障害, 醗酵工学会誌, 63(1): 9-15 (1985)
- 11) 早川潔:水懸濁液中における酵母の凍結障害, 醗酵工学会誌, 63(1): 17-21 (1985)
- 12) 早川潔:共晶中での酵母の保存と凍結保護物質の効果, 醗酵工学会誌, 63(1): 23-30 (1985)
- 13) Parish M.E., Sadler G.D., Wicker L.: Viability of *Lactobacillus plantarum* in Orange Juice under Low pH and Temperature Conditions, J. Food Science, 55(4): 1023-1025 (1990)

木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌 59 菌株の攻撃性評価

富 樫 巖^{*}
宮 崎 貞 之^{**}

Evaluation Tests of Antagonistic Effects with 59 Isolates of *Trichoderma* spp. to Wood Decay Fungi

Iwao TOGASHI
Sadayuki MIYAZAKI

Abstract

Fifty-nine isolates of *Trichoderma* spp., a mycoparasite-fungus, isolated mainly from airborne fungi in some fruiting houses for bedlog cultivation of *Lentinula edodes* (Berkeley) Pegler in Hokkaido were evaluated in terms of antagonistic effects against *Trametes versicolor* (Linnaeus) Lloyd NBRC 30340 and *Fomitopsis palustris* (Berkeley) Teixeira NBRC 30339. Three isolates of *Trichoderma* spp. (ANCT-05013, -05083, -05104) which were inoculated individually to carbonized wood particles strongly inhibited the wood decay fungi. No mycelial growth of the two fungi occurred on potato-dextrose-agar-plates after dual cultivation for 20 days at 25°C with the *Trichoderma* spp.-inoculated particles.

1. 緒 言

木材を建築材料や土木材料として使用する場合、木材腐朽菌やシロアリ等による腐朽や食害から保護するための手立てを講じる必要がある。そのため、木材に種々の防腐・防蟻薬剤を塗布、または注入する技術が確立されてきた。一方、近年社会問題化している化学物質過敏症や揮発性有機化合物（VOC, Volatile Organic Compounds）被害から化学薬剤を使用しない木材利用が求められつつあり、特に幼児や子どもが利用する公園等の整備において木製遊具・木製遊歩道・木柵等（以下、木製土木構造物）の薬剤処理が敬遠される場合がある。

そこで著者らは、木材防腐剤に替わる木材保存手法として菌寄生菌トリコデルマ属菌の生菌を用い、木材腐朽菌の活動をバイオリジカルコントロールによって阻害する可能性の検討に着手した。特に、木製土木構造物については地際部が腐朽し易い¹⁾ことに注目し、木材腐朽菌に対する攻撃性に優れたトリコデルマ属菌 (*Trichoderma* spp.) を固定化した担持材料（以下、固定化トリコデルマ）を図1に示すように、同部に設置する利用方法をイメージしている。

* 物質化学工学科教授

(平成22年11月9日受理)

** 応用化学専攻修了生（現・雪印メグミルク株）

本論文では、以上の試みの第一歩として主にシイタケの原木栽培舎の落下菌から分離したトリコデルマ属菌59菌株を供試し、木材腐朽菌に対する攻撃性評価を試みた結果を報告する。

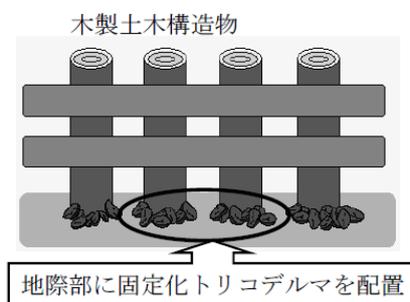


図1 木製土木構造物に対する固定化トリコデルマの利用イメージ

2. 実験方法

2.1 供試菌株

上川管内愛別町のシイタケ *Lentinula edodes* (Berkeley) Pegler の原木栽培舎の落下菌などから分離したトリコデルマ属菌 59 菌株 (旭川高専保存菌株, 表 1 参照), および JIS K 1571 で使用される白色腐朽菌のカワラタケ (*Trametes versicolor* (Linnaeus) Lloyd) NBRC 30340 と褐色腐朽菌のオオウズラタケ (*Fomitopsis palustris* (Berkeley) Teixeira) NBRC 30339 の木材腐朽菌 2 菌株を供試した。

トリコデルマ属菌, カワラタケ, オオウズラタケを各試験に用いる場合には, PDA (potato-dextrose-agar) 平板培地でそれぞれ 5, 7, 14 日間前培養した菌叢(コロニー, 集落)からコルクボーラーで寒天培地ごと打ち抜いた直径 5 mm の円盤を接種源とした。

2.2 木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌の攻撃性評価

直径 9 cm の平板培地で対峙培養することで木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌の攻撃性を観察した。平板培地は通常濃度の PDA 及び 1/2 濃度の PDA (寒天濃度はいずれも 1.5%) の 2 種類を用いた。対峙培養に際しては, 温度 25°C でカワラタケについて 5 日間, オオウズラタケについて 15 日間予め培養し, それらの菌叢の先端から 15 mm 離れた位置にトリコデルマ属菌を接種した。対峙期間はカワラタケ 10 日間, オオウズラタケ 35 日間とした。そして, 木材腐朽菌の菌叢に対するトリコデルマ属菌の菌叢挙動から (1) 攻撃性に優れるトリコデルマ属菌 (表記: +), (2) 攻撃性が中庸なトリコデルマ属菌 (同: ±, 両者拮抗状態), (3) 攻撃性に劣るトリコデルマ属菌 (同: -) に区分けを行った (図 2 参照)。なお, いずれの場合にも平板培地の繰り返し数は 3 とした。

2.3 木材腐朽菌に対する固定化トリコデルマの攻撃性評価

表 2 に示す 12 菌株のトリコデルマ属菌を供試し, 担持材料として 240~280°C で熱処理された市販の木材粉砕物 (竹内木材工業 (資) 製バイクウッド, pH=4.3²⁾, 図 3 参照) を使用した。同担持材料に麦芽エキス 2% 溶液を所定量添加して高圧蒸気殺菌した後に, トリコデルマ属菌を接種して 25°C で 20 日間培養した

表1 *Trichoderma* spp.の供試菌株とカワラタケに対する攻撃性の評価結果

No.	菌株番号	分離源	採取年月	攻撃性*
1	ANCT-05001	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
2	ANCT-05002	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
3	ANCT-05003	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
4	ANCT-05004	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
5	ANCT-05005	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
6	ANCT-05006	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
7	ANCT-05007	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
8	ANCT-05008	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
9	ANCT-05009	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
10	ANCT-05010	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
11	ANCT-05011	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	-
12	ANCT-05013	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
13	ANCT-05014	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
14	ANCT-05015	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	-
15	ANCT-05016	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
16	ANCT-05075	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
17	ANCT-05076	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
18	ANCT-05077	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
19	ANCT-05078	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	-
20	ANCT-05079	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	±
21	ANCT-05080	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
22	ANCT-05081	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
23	ANCT-05082	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	-
24	ANCT-05083	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
25	ANCT-05084	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年7月	+
26	ANCT-05088	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
27	ANCT-05089	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
28	ANCT-05090	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	-
29	ANCT-05091	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	-
30	ANCT-05092	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
31	ANCT-05093	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
32	ANCT-05094	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	-
33	ANCT-05095	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
34	ANCT-05096	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
35	ANCT-05097	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	-
36	ANCT-05098	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	-
37	ANCT-05099	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	-
38	ANCT-05100	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	+
39	ANCT-05101	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
40	ANCT-05102	和寒町 木製雪崩防止柵 付着菌	2005年8月	-
41	ANCT-05103	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年8月	±
42	ANCT-05104	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	+
43	ANCT-05105	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	±
44	ANCT-05106	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	±
45	ANCT-05107	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	-
46	ANCT-05108	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	±
47	ANCT-05109	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	±
48	ANCT-05110	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	±
49	ANCT-05111	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	-
50	ANCT-05112	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	-
51	ANCT-05113	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	-
52	ANCT-05114	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	-
53	ANCT-05115	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年9月	-
54	ANCT-05116	愛別町 シイタケ原木栽培舎 落下菌	2005年10月	-
55	ANCT-05142	旭川市 シイタケ子実体 付着菌	2005年11月	-
56	ANCT-06018	旭川市 葉菜栽培ハウス 落下菌	2006年6月	+
57	ANCT-06019	旭川市 葉菜栽培ハウス 落下菌	2006年6月	±
58	ANCT-06020	旭川市 葉菜栽培ハウス 落下菌	2006年6月	±
59	ANCT-06029	旭川市 葉菜栽培ハウス 落下菌	2006年8月	±

*: +: 攻撃性に優れる*Trichoderma* spp., ±: 攻撃性が中庸な*Trichoderma* spp.,
-: 攻撃性に劣る*Trichoderma* spp.

注: 攻撃性の評価は1/2濃度のPDA平板培地で行なった。繰り返し数は3。

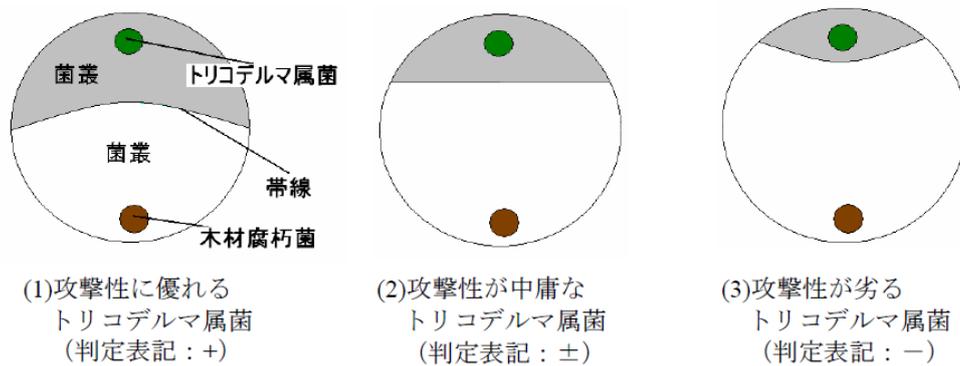


図2 木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌の攻撃性の評価方法 (25℃・PDA 平板培地)

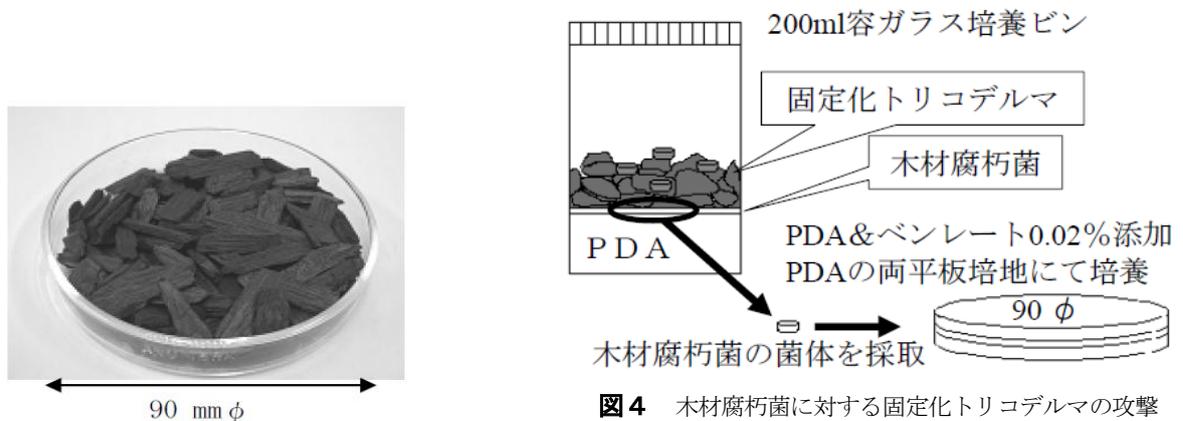


図4 木材腐朽菌に対する固定化トリコデルマの攻撃性の評価方法

注：25℃・20日間の2員培養後に木材腐朽菌の生死を観察。

図3 担持材料の熱処理木材粉砕物(pH=4.3)

ものを固定化トリコデルマとした。

一方、図4に示すように200ml容ガラス培養瓶に20mlのPDA培地を分注し、25℃でカワラタケを7日間、またはオオウズラタケを28日間予め培養した。その菌叢上に固定化トリコデルマ（コントロール区は麦芽エキス2%溶液のみ添加して殺菌処理を施した担持材料）をガラス培養瓶当りに約30ml載せ、25℃で20日間培養を行った。その後、固定化トリコデルマを除去して木材腐朽菌の菌叢の一部を切り出し、PDA平板培地と0.02%ベンレート添加PDA平板培地に接種して25℃で培養することで、トリコデルマ属菌と木材腐朽菌の生育状況を観察した。

3. 結果と考察

3.1 木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌の攻撃性

担子菌に対するトリコデルマ属菌の挙動は培地組成によって変化することが報告されている^{3, 4)}。本検討においてカワラタケに対するトリコデルマ属菌の攻撃性は、全般的に1/2濃度のPDAよりも通常濃度のPDAで強い傾向がみられた。より攻撃性に優れるトリコデルマ属菌の選抜を目指す場合には、同菌に不利な条件の1/2濃度のPDAで特性を評価すべきと判断した。その結果、2.2に示した判定方法により+が12

株, ±が 28 菌株, およびーが 19 菌株となった (表 2 参照)。

次に, カワラタケに対する攻撃性が+, ±, ーの各区からそれぞれ 4 菌株のトリコデルマ属菌, 合計 12 菌株をランダムに選定し, 同様の方法でオオウズラタケに対する攻撃性を観察した (表 2 参照)。オオウズラタケでは通常濃度の PDA よりも 1/2 濃度の PDA でトリコデルマ属菌の攻撃性が強い傾向が見られたことから, 前者の培地で攻撃性の判定を行ったところ, +が 3 菌株, ±が 6 菌株, ーが 3 菌株となった。

以上の結果をまとめると, 両木材腐朽菌に対して+を示したのは ANCT-05083 と同 05100 の 2 菌株, カワラタケに対してーの同 05099 はオオウズラタケでは+となった。ANCT-05005, 同 05013, 同 05092 の 3 菌株は両木材腐朽菌に対して±であり, ANCT-05082 と同 05102 は両木材腐朽菌に対してーであった。供試したトリコデルマ属菌 12 菌株中, 半数を超える 7 菌株が腐朽タイプの異なる両木材腐朽菌に対して同一の攻撃性を示したことになる。

表 2 カワラタケとオオウズラタケに対するトリコデルマ属菌 (12 菌株) の攻撃性

菌株番号	攻撃性	
	カワラタケ	オオウズラタケ
ANCT-05080	+	±
ANCT-05083	+	+
ANCT-05100	+	+
ANCT-05104	+	±
ANCT-05005	±	±
ANCT-05013	±	±
ANCT-05092	±	±
ANCT-06020	±	ー
ANCT-05082	ー	ー
ANCT-05091	ー	±
ANCT-05099	ー	+
ANCT-05102	ー	ー

注: 攻撃性の評価は通常濃度の PDA 平板培地で行った。培養温度 25℃の対峙培養 (カワラタケ 10 日間, オオウズラタケ 35 日間)。繰り返し数 3。符号: 表 1 と同じ。

3.2 木材腐朽菌に対する固定化トリコデルマの攻撃性

実用化を意識した場合の担持材料としては, 殺菌処理を省略してもトリコデルマ属菌が固定化できるように他の微生物が存在しないか非常に少ないものが望ましい。その解決策の一つとして 100℃を超える温度で熱処理されたものであればその要求を満たすことになる。加えて, トリコデルマ属菌の生育に適する酸性側の pH を有することも考慮して 2.3 に示した担持材料を選定した。

固定化トリコデルマを載せて培養を行ったカワラタケについて, その菌叢の一部を PDA 平板培地で培養すると, コントロール区を除いていずれもトリコデルマ属菌が発現した。これは, 同菌叢に付着していたトリコデルマ属菌がカワラタケに先んじて生育したものと考えられる。

一方, 0.02%ベンレート添加 PDA 平板培地では ANCT-05013, 同 05083, および同 05104 の固定化トリコデルマの場合にトリコデルマ属菌の菌糸が僅かに成長し, コントロール区と残りの 9 菌株ではカワラタケが生育した。これはトリコデルマ属菌と異なり, 図 5 に示すようにカワラタケの菌糸成長が 0.02%濃度のベンレートの影響をほとんど受けないためである (データは示していないがオオウズラタケも同様)。すなわち, この 3 菌株の固定化トリコデルマは攻撃性が高く, その結果としてカワラタケは菌糸再生が不可能な状態に至っていたものと推察される。

オオウズラタケについても同様の傾向が観察され, 上述の 3 菌株の固定化トリコデルマを載せて培養した場合にのみ 0.02%ベンレート添加 PDA 平板培地にオオウズラタケが生育することがなかった。

ANCT-05013, 同 05083, および同 05104 のトリコデルマ属菌 3 菌株は表 2 に示した攻撃性の区分結果と一致せず、共通点としては一でないことである。この原因は不明であるが、トリコデルマ属菌を固定化すると菌株によっては木材腐朽菌に対する攻撃性が顕著になる可能性が考えられる。

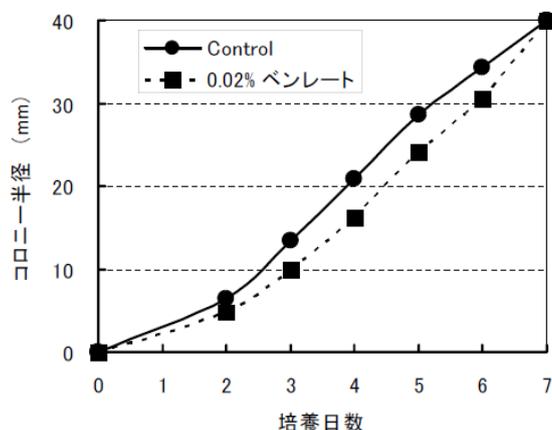


図 5 カワラタケ NBRC 30340 の菌糸成長に及ぼすベンレートの影響 (25°C)

4. 結 論

トリコデルマ属菌の生菌や代謝産物を利用する木材保存の試みはすでに報告されている⁵⁻⁸⁾。これらは保護したい木材にその生菌, またはその代謝産物を接種または添着させて腐朽をほぼ 100% 阻止することを狙いとしたことで, 未だ実用化には至っていない。

これに対して著者らは, 木製土木構造物の地際の腐朽を遅延させることを目的にして固定化トリコデルマを同部位に配置することを想定した。本研究では, その第一歩として木材腐朽菌に対する種々のトリコデルマ属菌および固定化トリコデルマの攻撃性を観察した。その結果, 固定化トリコデルマについては, 供試するトリコデルマ属菌の菌株によってカワラタケやオオウズラタケに大きなダメージを与える可能性を確認できた。今後においては, 攻撃力の優れた固定化トリコデルマが木材腐朽菌による木材腐朽を遅延させる可能性, 具体的には木材の重量減少を低減させる能力を有するか否かの把握を行う予定である。

参 考 文 献

- 1) 森範則：屋外環境下における耐久性について考える, 日本木材学会北海道支部講演集, 39:35-38 (2007)
- 2) 宮崎貞之：*Trichoderma* spp. 生菌を用いた木材腐朽遅延技術の検討・平成 19 年度特別研究論文, 旭川工業高等専門学校専攻科：7 (2008)
- 3) Tokimoto K., Komatsu M. : Effect of Carbon and Nitrogen Sources in Media on the Hyphal Interference between *Lentinus edodes* and Some Species of *Trichoderma*, Ann. Phytopath. Soc. Japan, 45(2) : 261-264 (1979)
- 4) 米山彰造, 瀧澤南海雄：シイタケ菌の害菌抵抗性について, 日本木材学会北海道支部講演集, 24:47-50 (1992)
- 5) Bruce A., King B. : Decay Resistance of Wood Removed from Poles Biologically Treated with *Trichoderma*, Holzforschung, 45(4) : 307-311 (1991)

- 6) 土居修一, 山田敦 : *Trichoderma* による木材腐朽防止, 林産試験場報, 6(2) : 1-5 (1992)
- 7) Doi S., Mori M. : Antifungal properties of metabolites produced by *Trichoderma* isolates from sawdust media of edible fungi against wood decay fungi, Material u. Organismen, 28(2) : 143-153 (1994)
- 8) Doi S., Yamada A., Mori M.: Antagonistic effects of *Trichoderma* spp. isolated from sawdust media of edible fungi against wood decay fungi, Material u. Organismen, 28(2) : 131-141 (1994)

教職員研究業績目録

平成 21 年 11 月～平成 22 年 10 月 (Nov.2009～Oct.2010)

この業績目録の論文は、本校教職員が上記期間中に他紙等へ発表した研究業績である。

*は本校教職員以外の共著者又は共同研究者である。

I 著 書

著者名：書名，総頁数，発行所（西暦発行年）

[校長]

- 1) H. Takahashi, M. Sakairi*, T. Kikuchi* : Anodic Oxide Films on Aluminum –Their Significance in Corrosion Protection and Micro- and Nano-Technology – “Modern Aspects of Electrochemistry 46 – Progress in Corrosion Science and Engineering” edited by Su-II Pyun and Jong-Won Lee, Springer, : 59-174 (2010)
-

[一般人文科]

- 1) 十河克彰：英語表現アラカルトなるほどの 24 表現，24 頁，新興出版社，啓林館 (2010)
-

II 学術論文

著者名：論文題名，雑誌名，巻（号）：最初頁—最後頁（西暦発行年）

[校長]

- 1) M. Sakairi*, Y. Gotou*, K. Fushimi*, T. Kikuchi*, H. Takahashi : Fabrication of Cu Micro-rods with Co-axial Dual Capillary Solution Flow Type Droplet Cell and Electrodeposition with the Cell, Electrochemistry, 78 : 118-121 (2010)
- 2) H. Jha*, T. Kikuchi*, M. Sakairi*, H. Takahashi : Aluminum Microstructures on Anodic Alumina for Aluminum Wiring Boards, ACS Applied Materials & Interfaces, 2(3) : 774-777 (2010)

- 3) Y. Hara*, T. Kikuchi*, A. Yamauchi*, M. Sakairi*, T. Yonezawa*, H. Takahashi : Corrosion of Al-Sn-Bi Alloys in Alcohol at High Temperatures I. Effect of the Metallurgical Structure of the Alloys and the Metal Salt Additions to Alcohol, Corros. Sci., 52 : 1482-1491 (2010)
 - 4) Y. Hara*, T. Kikuchi*, A. Yamauchi*, M. Sakairi*, H. Takahashi : Corrosion of Al-Sn-Bi Alloys in Alcohol at High Temperatures II. Effect of Anodizing on Corrosion, Corros. Sci., 52 : 2525-2534 (2010)
 - 5) 菊地竜也*, 島口寛子*, 上田幹人*, 坂入正敏*, 米澤徹*, 高橋英明 : 導電性高分子を用いた再利用可能なアルミニウム製印刷板の試作, 表面技術, 61(9) : 652-657(2010)
 - 6) 菊地竜也*, 坂入正敏*, 米澤徹*, 高橋英明 : アノード酸化皮膜を利用した新規な微細構造体作製法, 表面技術, 61(2) : 207 (2010)
-

[機械システム工学科]

- 1) 石井悟, 澤田隆充* : 間接仮想境界積分法の二次元非定常動弾性問題への適用, 日本機械学会論文集A編, 76(764) : 372-374(2010)
 - 2) Naomichi Yokoi, Yoshihisa Aizu* : Improvement of estimation parameters in bio-speckle blood flow imaging , Optical Review, 17(3) : 230-238(2010)
-

[制御情報工学科]

- 1) 阿部晶, 笹森和典* : フレキシブルマニピュレータの最適軌道計画(駆動エネルギーと残留振動を最小化するためのアプローチ), 計測自動制御学会論文集, 46(2):130-132(2010)
 - 2) Akira Abe : Validity and Accuracy of Solutions for Nonlinear Vibration Analyses of Suspended Cables with One-to-One Internal Resonance, Nonlinear Analysis : Real World Applications, 11(4):2594-2602(2010)
 - 3) 堀川紀孝, 鮫島大湖*, 中村孝*, 小熊博幸* : 薄肉球状黒鉛鋳鉄の疲労強度特性に及ぼす鋳肌の効果, 日本機械学会論文集A編, 76 : 425-427(2010)
-

- 1) Ryosuke Sakai, Shota Okade*, Eric B Barasa*, Ryohei Kakuchi*, Magdalena Ziabka*, Satoshi Umeda, Katsuyuki Tsuda, Toshifumi Satoh*, Toyoji Kakuchi*: Efficient Colorimetric Anion Detection Based on Positive Allosteric System of Urea-Functionalized Poly(phenylacetylene) Receptor, *Macromolecules*, 43(18) : 7406-7411(2010)
- 2) Keita Fuchise*, Masako Sone*, Yutaka Miura*, Ryosuke Sakai, Atsushi Narumi*, Shin-Ichiro Sato* Toshifumi Satoh*, Toyoji Kakuchi*: Precise synthesis of poly(1-adamantyl methacrylate) by atom transfer radical polymerization, *Polymer Journal*, 42(8) : 626-631(2010)
- 3) Ryohei Kakuchi*, Yosuke Tsuji*, Kaori Chiba*, Keita Fuchise*, Ryosuke Sakai, Toshifumi Satoh*, Toyoji Kakuchi* : Controlled/Living Ring-Opening Polymerization of δ -Valerolactone Using Triflylimide as an Efficient Cationic Organocatalyst, *Macromolecules*, 43(17) : 7090-7094(2010)
- 4) Keita Fuchise*, Ryosuke Sakai, Toshifumi Satoh*, Shin-ichiro Sato*, Atsushi Narumi*, Seigou Kawaguchi*, Toyoji Kakuchi*: Group Transfer Polymerization of N, N-Dimethylacrylamide Using Novel Efficient System Consisting of Dialkylamino Silyl Enol Ether as an Initiator and Strong Bronsted Acid as an Organocatalyst, *Macromolecules*, 43(13) : 5589-5594 (2010)
- 5) Masaki Tamaki*, Tsukasa Taguchi*, Soichi Nakabayashi*, Kota Mori*, Yoshikazu Kitajyo*, Ryosuke Sakai, Toyoji Kakuchi*, Toshifumi Satoh*: Hyper-branched 5,6-glucan as reducing sugar ball, *Polymer Chemistry*, 1(1):82-92 (2010)
- 6) Ryohei Kakuchi*, Ryotaro Shimada*, Yasuyuki Tago*, Ryosuke Sakai, Toshifumi Satoh*, Toyoji Kakuchi* : Pendant structure governed anion sensing property for sulfonamide-functionalized poly(phenylacetylene)s bearing various α -amino acids, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 48(8) : 1683-1689(2010)
- 7) Ryosuke Sakai, Takafumi Yonekawa*, Issei Otsuka*, Ryohei Kakuchi*, Toshifumi Satoh*, Toyoji Kakuchi* : Host-guest complexation-triggered chiroptical change of poly(phenylacetylene)s bearing binaphthocrown ether moieties on the main chain, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 48(5) : 1197-1206(2010)
- 8) Yang Ho Na*, Kohei Aida*, Ryosuke Sakai, Toyoji Kakuchi*, Hiroshi Orihara*, : Response of shear stress to ac electric fields under steady shear flow in a droplet-dispersed phase, *Physical Review E: Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 80(6-1) : 061803/1-061803/7(2009)

- 9) Zheng Li*, Samuel Oppong Kyeremateng*, Keita Fuchise*, Ryohei Kakuchi*, Ryosuke Sakai, Toyoji Kakuchi*, Joerg Kressler, * : Aggregation Behavior of Poly(N-isopropylacrylamide) Semitelechelics with a Perfluoroalkyl Segment in Water, *Macromolecular Chemistry and Physics*, 210(24) : 2138-2147(2009)
 - 10) Masaki Tamaki*, Tsukasa Taguchi*, Yoshikazu Kitajyo*, Kenji Takahashi*, Ryosuke Sakai, Toyoji Kakuchi*, Toshifumi Satoh* : LCST-type liquid-liquid and liquid-solid phase transition behaviors of hyperbranched polyglycerol bearing imidazolium salt, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 47(24) : 7032-7042(2009)
 - 11) Keita Fuchise*, Ryohei Kakuchi*, Sung-Tso Lin*, Ryosuke Sakai, Shin-ichiro Sato*, Toshifumi Satoh*, Wen-Chang Chen*, Toyoji Kakuchi* : Control of thermoresponsive property of urea end-functionalized poly(N-isopropylacrylamide) based on the hydrogen bond-assisted self-assembly in water, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 47(22) : 6259-6268 (2009)
 - 12) Shigeaki Abe*, Daisuke Hayashi*, Tsukasa Akasaka*, Motohiro Uo*, Yoshinori Kuboki*, Fumio Watari*, Tomoya Takada : Synthesis and Characterization of a Water-soluble Multi-walled Carbon Nanotube and Its Biodistribution in Mice, *Nano Biomedicine*, 1(2):143-150 (2009)
 - 13) Tomoya Takada, Shugo Ohshita* : Ab initio MO Study of Hydrogen Bonding and Spectral Characteristics of HCN-H₂O-HCN Trimer: Comparison between Dimer and Trimer, *Journal of Computer Aided Chemistry*, 11:36-43 (2010)
-

[一般人文科]

- 1) 神林勲*, 森田憲輝*, 木戸聡史*, 木本理可, 日下部未来*, 内田英二*, 武田秀勝* : 中高年者を対象とした一過性の中強度有酸素運動が酸化ストレスと抗酸化指標に与える影響, *北方産業衛生*, 47 : 11-19(2009)
- 2) 木本理可, 神林勲*, 塚本未来*, 内田英二*, 東郷将成*, 武田秀勝* : 一時的なビタミンC経口摂取が中高年者における中強度有酸素運動後の酸化還元状態に与える影響, *北海道体育学研究*, 45 : 11-18(2010)
- 3) 日下部未来*, 神林勲*, 臼井夕貴*, 高橋寿美子*, 木本理可, 武田秀勝* : 高強度間欠的運動が血清総抗酸化能に与える影響, *北海道体育学研究*, 44 : 1-7(2010)
- 4) 倉持しのぶ : 『海人娘子ありとは聞けど』—笠金村『神亀三年の印南野行幸歌』についての考察

一, 叙説, 37 : 256-267(2010)

- 5) Tadahiro Honjo: Hemingway and Africa in the 1930s: Portrayals of Africans and Hemingway's Racial Consciousness, 北海道アメリカ文学, 26:44-59 (2010)
 - 6) Yuko Mizuno: A Quantitative Analysis of *Although* Clauses in Naturally Occurring Discourse, 北海道英語英文学, 54 : 29-48 (英文学研究 支部統合号, 2 : 35-54) (2009)
-

[一般理数科]

- 1) 長岡耕一: 創造的技術者育成に関わる数学教育のあり方についての考察, 論文集「高専教育」, 33:19-24(2010)
-

III 学会シンポジウム (講演論文)

発表者名: 演題名, 学会名, シンポジウム名, 開催場所: 最初頁—最後頁 (西暦発行年)

[機械システム工学科]

- 1) Makoto Miyazaki*, Kuniaki Sasaki*, Masaki Okada : Deformation process on magnetic pressure welding of aluminum sheets, Proceedings of the 12th International Conference on Aluminium. Alloys, Yokohama : 1752-1756 (2010)
- 2) 宮崎忠*, 佐々木邦哲*, 岡田昌樹: 電磁シーム圧接の変形過程に関するシミュレーション, 金属学会, 軽金属学会第 117 回秋季大会講演概要, 電気通信大学 (調布市) : 73-74 (2010)
- 3) 矢尾光*, 後藤孝行: 水門設計支援システムの開発, 日本機械学会北海道学生会第 39 回学生員卒業研究発表講演会, 苫小牧高専 : 151-152 (2010)
- 4) 松岡俊佑, 日野善規*, 市川周一*: Camellia 暗号回路の鍵固定によるハードウェア特殊化, 第 9 回情報科学技術フォーラム (FIT 2010), 九州大学伊都キャンパス : C-004 (2010)
- 5) 横井直倫, 平田達也*, 相津佳永*: バイオスペックル血流イメージングにおける血流評価値の選択, 日本光学会, 2009 年度日本光学会年次学術講演会(Optics & Photonics Japan 2009), 朱鷺メッセ

(新潟) : 448-449 (2009)

- 6) 平田達也*, 谷勝弘*, 西舘泉*, 横井直倫, 相津佳永*: 2波長スペックル法による血流・濃度変化同時イメージング: 撮影条件の検討, 日本光学会, 2009年度日本光学会年次学術講演会(Optics & Photonics Japan 2009), 朱鷺メッセ(新潟) : 520-521 (2009)
- 7) 谷勝弘*, 平田達也*, 横井直倫, 相津佳永*: 近赤外バイオスペックル法による皮膚組織血流変化のイメージング, 日本機械学会北海道支部, 日本機械学会北海道支部第48回講演会講演概要集, 北海道大学 : 89-90(2009)
- 8) 横井直倫, 平田達也*, 相津佳永*: バイオスペックル血流可視化法における時間分解能の改善, 応用物理学会北海道支部, 第45回応用物理学会北海道支部/第6回日本光学会北海道支部合同学術講演会講演予稿集, 北海道大学 : 13(2010)
- 9) 谷勝弘*, 平田達也*, 横井直倫, 相津佳永*, : バイオスペックル血流イメージングによる生理学的変化の検出, 応用物理学会北海道支部, 第45回応用物理学会北海道支部/第6回日本光学会北海道地区合同学術講演会講演予稿集, 北海道大学 : 12(2010)
- 10) 横井直倫, 谷勝弘*, 平田達也*, 相津佳永*: バイオスペックル血流イメージングにおける空間分解能の改善, 応用物理学会, 第57回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 3, 東海大学湘南キャンパス(平塚) : 134(2010)
- 11) 谷勝弘*, 平田達也*, 横井直倫, 相津佳永*: スペックル血流・濃度イメージングによる経皮的生理計測の試行, 応用物理学会, 第57回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 3, 東海大学湘南キャンパス(平塚) : 130(2010)
- 12) 谷勝弘*, 前田貴章*, 島谷祐一*, 横井直倫, 相津佳永*: スペックル血流・血液濃度変化イメージングによる麻酔下ラット血行動態の計測, 日本光学会, 2010年度日本光学会年次学術講演会(Optics & Photonics Japan 2010), 中央大学 : 436-437(2010)

[電気情報工学科]

- 1) 井口傑, 楠悟史*: PSOを用いた発電機経済負荷配分に関する一考察, 電気学会, 平成22年度電気情報関係学会北海道支部連合大会, 北海学園大学工学部, 49 : (2010)
- 2) 柴山侑子*, 上田瑛久*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三: ビル透過波を考慮した交差

- 点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, 電気学会, 電磁界理論研究会, 沖縄, EMT-09-137 : 85-90(2009)
- 3) 柴山侑子*, 上田瑛久*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三 : 車車間通信を目的とした交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, ITSJapan, 第 8 回 ITS シンポジウム, 広島 : 119-124 (2009)
 - 4) 松田大樹*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三 : 住宅地交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, 電子情報通信学会総合大会(仙台), C-1-18 : (2010)
 - 5) 松田大樹*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武* : 住宅地交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, 電子情報通信学会, アンテナ伝播研究会(北見), AP2010-43 : 31-35(2010)
 - 6) 森下隆司*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三, 栗林裕*, 小松寛* : UHF 帯における自動車搭載アンテナの近傍界・遠方界に関する一検討, 電子情報通信学会, アンテナ伝播研究会(北見), AP2010-44 : 37-40(2010)
 - 7) K. Taguchi*, S. Imai*, T. Kashiwa*, K. Ohshima, T. Kawamura* : FDTD Simulation of Electromagnetic Wave Propagation in 700MHz Band at Intersection for Inter-Vehicle Communications, IWMST2010, Paper ID 00005, Kitami : (2010)
 - 8) S. Miyai*, K. Ohshima, M. Muramoto*, S. Imai*, K. Taguchi*, T. Kashiwa* : On the Direction of Arrival Estimation Method Using an Genetic Algorithm, IWMST2010, Paper ID:00008, Kitami : (2010)
 - 9) 松田大樹*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武* : FDTD 法を用いた住宅地交差点における電波伝搬特性解析, 電子情報通信学会ソサイエティ大会(大阪), C-1-30 : (2010)
 - 10) 森下隆司*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三, 栗林裕*, 小松寛* : UHF 帯自動車搭載アンテナにおける近傍界・遠方界に関する一検討, 電子情報通信学会ソサイエティ大会(大阪), C-1-34 : (2010)
 - 11) 内村隼一*, 大島功三, 村本充*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也* : MUSIC 法を用いた近傍波源における到来方向推定に関する一検討, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌), 78(2010)
 - 12) 池田和男*, 大島功三, 村本充*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也* : GA を用いた近傍波源における到来方向推定に関する一検討, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌) :

79(2010)

- 13) 森下隆司*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三 : 車車間通信を目的とした自動車搭載アンテナにおける近傍界・遠方界境界に関する一検討, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌) : 98 (2010)
- 14) 松田大樹*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武* : 住宅地交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬シミュレーション, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌) : 99(2010)
- 15) 佐藤亮人*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三 : FDTD(2,4)法を用いた交差点電波伝搬解析, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌) : 100(2010)
- 16) 松田大樹*, 小野寺翼*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三 : レイトレーシング法を用いた交差点における電波伝搬特性解析, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌) : 101(2010)
- 17) 宮井就平*, 大島功三, 村本充*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也* : GA を用いた到来方向推定における交叉手法の比較検討, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(札幌) : 102(2010)
- 18) 笹岡久行, 井口傑 : 見える自学自習用学習教材プロジェクトの取り組みについて, 高専情報処理教育研究発表会, 長岡技術科学大学, 高専情報処理教育研究発表会講演論文集第 30 号 : 150-152(2010)
- 19) Hisayuki Sasaoka : Approach for Soccer Agent Actions' Acquiring Method of RoboCup Soccer Simulation using Ant Colony Optimization, The 20th Symposium on Intelligent Systems & International Symposium on Intelligent System (FAN 2010 in conjunction with iFAN2010), 首都大学東京南大沢キャンパス, Proc. of The 20th Symposium on Intelligent Systems OS-9-51 (in electrical proceedings) : (2010)
- 20) 笹岡久行 : ACO を用いたマルチエージェントにおける行動獲得手法, 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 北海学園大学工学部 (山鼻キャンパス), 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会講演論文集 (CD-ROM) : 194(2010)
- 21) Hisayuki Sasaoka : Proposal of Acquiring Method for Agents' Actions using Ant Colony Optimization, Joint Agent Workshop & Symposium 2010 & International Joint Agent Workshop & Symposium 2010

(JAWS 2010 in conjunction with iJAWS 2010), 新富良野プリンスホテル, Proc. of Joint Agent Workshop & Symposium 2010 Session M-4 (in electrical proceedings) : (2010)

- 22) 篁耕司, 井口傑, 大島功三, 小山貴夫, 舟木聡:「考えさせる」創成教育の取り組みー予算1万円での発電機の作製ー, 日本工学教育協会, 平成22年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, 仙台:164-165(2010)
- 23) 篁耕司, 沼田ゆかり, 石垣剛, 津田勝幸:フィードバックしやすい「学生による授業評価」アンケートの取り組みー6年間の継続実施による授業改善効果ー, 平成22年度高専教育講演論文集, 長岡:15-18(2010)

[制御情報工学科]

- 1) 阿部晶, 笹森和典*:ニューラルネットワークを用いた天井クレーンの振れ止め制御, 第10回計測自動制御学会制御部門大会, 熊本大学工学部, CD-ROM : (2010)
- 2) 阿部晶, 伊藤周太郎*:進化計算による巻き上げ機構を有する天井クレーンの振れ止め制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2010, 旭川大雪アリーナ, DVD : (2010)
- 3) 阿部晶, 小椋数馬*:ニューラルネットワークによるフレキシブルマニピュレータの省エネルギー軌道計画, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2010, 旭川大雪アリーナ, DVD : (2010)
- 4) 伊藤周太郎*, 阿部晶:ソフトコンピューティングを用いた天井クレーンの振れ止め制御, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2010, 同志社大学京田辺キャンパス, CD-ROM : (2010)
- 5) 小椋数馬*, 阿部晶:多目的最適化によるフレキシブルマニピュレータの省エネルギー軌道計画, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2010, 同志社大学京田辺キャンパス, CD-ROM : (2010)
- 6) 阿部晶, 小倉美聡*:ケーブル長の操作による振り子の振動制御, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2010, 同志社大学京田辺キャンパス, CD-ROM : (2010)
- 7) Akira Abe, Kazuma Komuro*: Trajectory Planning for Saving Energy of a Flexible Manipulator Using Soft Computing Methods, International Conference on Control, Automation and Systems 2010, KINTEX 4 (Korea) : 1462-1467(2010)

- 8) 三島結花*, 小川泰代*, 大柏哲治 : 大根積み込み装置自動化に関する研究, 日本機械学会北海道支部学生会学生員卒業研究発表講演会, 苫小牧高専 : 355-356(2010)
- 9) 長岡裕子*, 小川泰代*, 三島結花*, 大柏哲治 : 大根引き抜き装置自動化に関する研究, 日本機械学会北海道支部学生会学生員卒業研究発表講演会, 苫小牧高専 : 357-358(2010)
- 10) 大柏哲治, 石井誠士*, 三島結花* : 大根積み込み装置自動化に関する研究, 日本機械学会北海道支部第49回講演会, 北海道工業大学 : 165-166(2010)
- 11) 別役厚徳*, 佐竹利文, 林朗弘*, 原慎真也* : 生物型ロボットの運動学計算, 精密工学会, 精密工学会春季学術講演会講演論文集, 2010S, 埼玉大学 : D76(2010)
- 12) 久保稔*, 富永潤*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文 : 動力学を考慮した一軸慣性系モデルによる機械システムの制御—各軸による相互影響について—, 精密工学会, 精密工学会春季学術講演会講演論文集, 2010S, 埼玉大学 : D64(2010)
- 13) 西本宇伸*, 相田俊*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文 : 多様な動作状況に対応できる柔軟な運動学計算モデルの構成法, 精密工学会, 精密工学会春季学術講演会講演論文集, 2010S, 埼玉大学 : D69(2010)
- 14) 別役厚徳*, 佐竹利文, 林朗弘*, 原慎真也* : 生物型ロボットの運動学計算システム, 機械学会, ロボティクス・メカトロニクス講演会10講演論文集, 2A2-G09, 旭川大雪アリーナ : (2010)
- 15) 相田俊*, 林朗弘*, 佐竹利文, 原慎真也* : マルチエージェント概念を用いたマニピュレータの運動学計算モデルに関する研究, 機械学会, ロボティクス・メカトロニクス講演会10講演論文集, 2A2-G10, 旭川大雪アリーナ : (2010)
- 16) 西本宇伸*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文 : 多様な動作状況に対応できる柔軟な運動学計算モデルの構成法, 機械学会, ロボティクス・メカトロニクス講演会10講演論文集, 2A2-G11, 旭川大雪アリーナ : (2010)
- 17) 富永潤*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文 : 回動一軸慣性系モデルによるマニピュレータの制御に関する研究, 機械学会, ロボティクス・メカトロニクス講演会10講演論文集, 2A2-G12, 旭川大雪アリーナ : (2010)
- 18) 西本宇伸*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文 : 多様な動作状況に対応できる柔軟な運動学計算モデルの構成法, 精密工学会, 精密工学会秋季学術講演会講演論文集, Vol. 2010A (2010), K01, 名

古屋大学：(2010)

- 19) 相田俊*, 林朗弘*, 佐竹利文, 原慎真也*: マルチエージェント概念を用いたマニピュレータの運動学計算モデルに関する研究, 精密工学会, 精密工学会秋季学術講演会講演論文集, Vol. 2010A (2010), K19, 名古屋大学：(2010)
- 20) 富永潤*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文: 回動一軸慣性系モデルによるマニピュレータの制御に関する研究 精密工学会, 精密工学会秋季学術講演会講演論文集, Vol. 2010A (2010), K24, 名古屋大学：(2010)
- 21) 野村啓太*, 別役厚徳*, 佐竹利文, 林朗弘*: 局所運動学によるヒューマノイドモデルの運動学計算, 精密工学会, 精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, 北海道工業大学: 65-66(2010)
- 22) 丸山翼*, 戸村豊明: 拡張現実感を用いた NUI アプリケーションの開発, 精密工学会, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 埼玉大学: 339-340(2010)
- 23) 丸山翼*, 戸村豊明: NUI への拡張現実感の応用, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010 講演論文集, 旭川大雪アリーナ: 2P1-B19 1-4(2010)
- 24) 丸山翼*, 戸村豊明: 拡張現実感と手の形状モデルを用いた NUI アプリケーションの開発, 精密工学会, 2010年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 名古屋大学: 435-436 (2010)
- 25) 中村基訓, アグスバギョ*, 末岡和久*: エンドコンタクト型 CNTFET における電気特性評価, 第 71 回応用物理学会学術講演会, 講演番号 15a-ZK-3, 長崎大学: (2010)
- 26) 武田晴治*, 福田佳祐*, 惠淑萍*, 中村基訓, 石井睦*, 武笠幸一*, 末岡和久*, 千葉仁志*: カーボンナノチューブ電極を利用した過酸化脂質の測定, 日本臨床化学会 第 50 回日本臨床化学会年次学術集会, 山梨県民文化ホール: (2010)
- 27) 小玉翔*, 堀川紀孝: 薄肉の球状黒鉛鋳鉄の組織・強度と鋳造シミュレーションによる冷却速度との相関, 平成 22 年度鋳造工学会北海道支部講演会, 札幌: (2010)
- 28) 堀川紀孝, 鮫島大湖*, 中村孝*, 小熊博幸*: 薄肉の球状黒鉛鋳鉄の疲労強度に及ぼす鋳肌形状の影響, 日本材料学会第 59 期学術講演会, 札幌: (2010)
- 29) 小玉翔*, 堀川紀孝: 薄肉の球状黒鉛鋳鉄の肉厚および鋳造方案による組織の変化とシミュレ

[物質化学工学科]

- 1) 島田遼太郎*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次* : ウレア基修飾ポリ (p-フェニレン) によるアニオンの蛍光検出, 第 59 回高分子討論会, 札幌 : (2010)
- 2) Sakai, Ryosuke, Sakai, Naoya*, Satoh, Toshifumi*, Zhang, Afang*, Kakuchi, Toyoji* : “Colorimetric Anion Detection with Poly(phenylacetylene) Bearing L-Lysine-Derived Dendrons as Pendants” Molecular Chirality 2010, Sapporo : (2010)
- 3) 湊瀬啓太*, 堺井亮介, 鳴海敦*, 佐藤敏文*, 川口正剛*, 覚知豊次* : スーパーブレステッド酸を触媒とした N,N-ジメチルアクリルアミドのグループトランスファー重合, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)
- 4) 牧口孝祐*, 辻洋輔*, 千葉香織*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次* : リン酸エステル触媒を用いた ϵ -カプロラク톤のリビングカチオン重合, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)
- 5) 北門惇介*, 千葉香織*, 湊瀬啓太*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次* : プロアザフォスファトランを触媒に用いたメタクリル酸メチルのグループ移動重合, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)
- 6) 三坂英樹*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次* : フォスファゼン塩基を用いたスチレンオキシドのアニオン開環重合, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)
- 7) 佐藤敏文*, 田巻匡基*, 田口圭*, 加我晴生*, 堺井亮介, 覚知豊次* : 高度に分岐したポリ(2-ヒドロキシメチルオキセタン)の合成と特性, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)
- 8) 柴崎拓也*, 島田遼太郎*, 多胡泰之*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次* : アミノ酸由来アミド基を有するポリ (フェニルアセチレン) のアニオン比色検出能, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)
- 9) 酒井直哉*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, Zhang Afang*, 覚知豊次* : 側鎖に L-リシン由来デンドロンを有するポリ(フェニルアセチレン)の合成とアニオン認識能, 第 59 回高分子学会年次大会, 横浜 : (2010)

- 10) 長井敦*, 岡出翔太*, 多胡泰之*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: 側鎖にウレア基を有するポリ(フェニレンブタジイニレン)の合成とアニオン検出能, 第59回高分子学会年次大会, 横浜:(2010)
- 11) 佐藤敏文*, 伊原良介*, 福岡萌*, 瀧瀬啓太*, 三坂英樹*, 堺井亮介, 覚知豊次*: アセチレンおよびアジド末端を有するポリヘキシルイソシアネートの精密合成, 第59回高分子学会年次大会, 横浜:(2010)
- 12) 杉本敬祐, 千田美紀*, 笠井大輔*, 政井英司*, 福田雅夫*, 千田俊哉*: Crystal structure of Extradiol Type dioxygenase (Type II) DesB, 第10回日本蛋白質科学会年会, 札幌: 2P-080(2010)
- 13) 阿部薫明*, 磐寺信喜*, 伊藤佐智子*, 大口郁子*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 久保木芳徳*, 亘理文夫*, 林大輔*, 高田知哉, 米澤徹*: 各種マイクロ・ナノ粒子の体内動態の可視化と生体への影響, ナノ・バイオメディカル学会第2回大会, 大阪: 17(2010)
- 14) 阿部薫明*, 林大輔*, 伊藤佐智子*, 大口郁子*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 亘理文夫*, 高田知哉: 有機マイクロ/ナノ粒子の体内循環挙動の追跡, 第22回代用臓器・再生医学研究会総会, 札幌: 2(2010)
- 15) Shigeaki Abe*, Emi Yamatoya*, Tomoki Ishida*, Daisuke Hayashi*, Ikuko Ohguchi*, Tsukasa Akasaka*, Motohiro Uo*, Fumio Watari*, Tomoya Takada: Controlled Mineralization Using Biomimetic Macromolecules with an Active Center Analogue of Carbonic Anhydrase, 6th Singapore International Chemical Conference, Singapore: P038(2009)
- 16) 岩原恵太*, 高田知哉, 宮越昭彦: エトリンガイトの加熱処理条件とリン, フッ素の吸着特性, 化学系学協会北海道支部2010年冬季研究発表会, 札幌: 2B24(2010)
- 17) 高田知哉, 田地川浩人*: シリカゲル表面のメチルラジカルの電子構造: DFT法によるアプローチ, 化学系学協会北海道支部2010年冬季研究発表会, 札幌: 31(2010)
- 18) 高田知哉, 廣川康夫*, 畑中恵*: 紫外線に対する発色剤含有PVAフィルムの応答特性, 化学系学協会北海道支部2010年冬季研究発表会, 札幌: 32(2010)
- 19) デーシャリン・サンティダー*, 林大輔*, 阿部薫明*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 久保木芳徳*, 亘理文夫*, 高田知哉: 多層カーボンナノチューブへのカルボキシル基の導入率の評価, 化学系学協会北海道支部2010年冬季研究発表会, 札幌: 34(2010)

- 20) 林大輔*, 阿部薫明*, デーシャリン・サンティダー*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 久保木芳徳*, 亙理文夫*, 高田知哉: カルボキシル基による多層カーボンナノチューブの表面修飾, 親水性カーボンナノチューブの作製, 化学系学協会北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 札幌: 33(2010)
- 21) 藤井悠平*, 楠原有紗*, 大和谷恵美*, 石田智毅*, 阿部薫明*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 亙理文夫*, 林大輔*, 高田知哉: 亜鉛錯体化合物による石灰化反応の制御, 第 5 6 回日本歯科理工学会学術講演会, 岐阜: 40(2010)
- 22) 松本拓弥*, 千葉誠, 高橋英明: 高温水中のアルミニウムおよびその合金の腐食挙動について, 化学系学協会北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 札幌: (2010)
- 23) 南任*, 玉井宏和*, 千葉誠: 塑性応力下における銅表面の電極特性について, 化学系学協会北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 札幌: (2010)
- 24) 馬場政也*, 千葉誠: 焼成ホタテ貝殻の光触媒能について, 化学系学協会北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 札幌: (2010)
- 25) 中山雄貴*, 松本拓弥*, 千葉誠, 高橋英明: Cu^{2+} および Cl^- イオンを含む高温水溶液中におけるアルミニウム合金の腐食挙動, 表面技術協会第 122 回講演大会 (東北大学), 仙台: 148(2010)
- 26) 永井一輝*, 富樫巖: 凍結処理による微生物の殺菌方法の検討, 化学系北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 講演要旨集, 札幌: 58(2010)
- 27) 小野寺愛*, 木下俊祐*, 富樫巖: 野生担子菌株の木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害活性, 化学系北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 講演要旨集, 札幌: 108(2010)
- 28) 本多信治*, 富樫巖: 旭川と留萌・増毛地域の空中浮遊糸状菌調査ー環境微生物と農業用殺菌剤の関わりー, 日本化学会北海道支部 2010 年夏季研究発表会, 講演要旨集, 函館: 116(2010)
- 29) 富樫巖: 環境と人にやさしい木材保存技術の開発ー木製土木資材の接地箇所の腐朽遅延を図るー, 第 8 回全国高専テクノフォーラム, 講演集, 大分: 28(2010)
- 30) 坂田忠基*, 古川英光*, 沼田ゆかり: 高強度化機能性バクテリアセルロースゲルの調製と物性評価, セルロース学会第 17 回年次大会, 徳島文理大学香川キャンパス: 97(2010)
- 31) 高谷勇介*, 古崎睦: 様々な金属薄膜の電磁波遮蔽効果, 日本分析化学会北海道支部他, 化学系学協会北海道支部 2010 年冬季研究発表会, 札幌: 34(2010)

- 32) 角幡大史*, 菊池大貴*, 宮越昭彦: 誘電加熱を利用するメタンの高度転換プロセスの開発, 日本化学会北海道支部夏季研究発表会, 函館高専: (2010)
 - 33) 佐野良行*, 浅原孔明*, 宮越昭彦: メタンの直接芳香族化のための触媒開発 - 触媒の水素処理と表面炭素析出種の関係について -, 日本化学会北海道支部夏季研究発表会, 函館高専: (2010)
 - 34) 黒蕨幸作*, 伊藤有加*, 宮越昭彦: マイクロ波を利用する木質素材由来活性炭の調製と吸着特性, 日本化学会北海道支部夏季研究発表会, 函館高専: (2010)
-

[一般人文科]

- 1) 日下部未来*, 神林勲*, 北舘健太郎*, 藤井創*, 高橋寿美子*, 臼井夕貴*, 東郷将成*, 木本理可, 武田秀勝*: 低分子化ポリフェノールの経口摂取が血清一酸化窒素生成レベルに与える影響, 平成 21 年度北海道体育学会研究大会, 北見工業大学: (2009)
- 2) 塚本未来*, 神林勲*, 木本理可, 武田秀勝*: 電子スピン共鳴装置を用いた好中球活性酸素生成能の評価, 第 22 回北海道スポーツ医科学研究会第 12 回日本体力医学会北海道地方会合同学術集会, 北海道大学: (2010)
- 3) 塚本未来*, 神林勲*, 東郷将成*, 木本理可, 武田秀勝*, 郡俊志*, 藤井博匡*: オリゴノールの基礎的特性の検討, 第 18 回統合医療機能性食品国際会議, ホテルロイトン札幌: (2010)
- 4) 木本理可, 神林勲*, 塚本未来*, 東郷将成*, 内田英二*, 武田秀勝*: 中強度一定負荷運動における運動中の総酸素摂取量と酸化ストレスの関係, 第 65 回日本体力医学会大会, 千葉商科大学: (2010)
- 5) 塚本未来*, 神林勲*, 木本理可, 内田英二*, 東郷将成*, 武田秀勝*: 動脈硬化指数 (CAVI) と血清中の酸化 LDL 濃度および NO 生成レベルとの関係, 第 65 回日本体力医学会大会, 千葉商科大学: (2010)
- 6) 十河克彰: 21 世紀に求められる英語, 名寄地区高等学校英語研究協議会, 名寄: (2010)
- 7) 谷口牧子: 高専低学年の知財教育に関する諸問題, 日本知財学会第 14 回知財教育研究会, コラボ産学官 in TOKYO: (2010)
- 8) 谷口牧子: 知財教育における課題の所在~法制度と行財政, 日本知財学会第 8 回年次学術研究発

表会知財教育分科会セッション，東京工科大学蒲田キャンパス：(2010)

- 9) 谷口牧子：知財教育における技術と法の調和，日本知財学会第8回年次学術研究発表会，東京工科大学蒲田キャンパス：(2010)
 - 10) 根本聡：近世スウェーデン製鉄業と鉄貿易の諸問題-17世紀スウェーデンの鉄商工業の諸形態と製鉄ブリュークの企業戦略，国際商業史研究会，京都府立大学：(2009)
-

[一般理数科]

- 1) 近藤真一：逆行列の計算方法の定着度について（その2），日本数学教育学会，第92回全国算数・数学教育研究大会，新潟：510(2010)
 - 2) 長岡耕一：「問題解決型」の授業によるアポロニウスの円の指導，日本数学教育学会，第92回全国算数・数学教育教育大会，新潟：497(2010)
 - 3) 川戸大輔*，野坂理仁亜*，早坂政寛*，青山陽子，梅田哲，津田勝幸：フッ素を有する新規エチニルスチレン誘導体のラジカル重合特性およびポリマーの熱特性に関する研究，第44回高分子学会北海道支部研究発表会，札幌：O17(2010)
-

IV その他（総説・解説・評論等含む）

[校長]

- 1) 高橋英明：表面技術協会創立60周年を迎えて -アルミニウムアノード酸化研究のこれまでの足跡と将来への期待-，表面技術，61(2)：116-119(2010)
-

[電気情報工学科]

- 1) 笹岡久行：ANCT 2009 Rescue Simulation TeamDescription, The 12th International Conference on Principles of Practice in Multi-Agent Systems (PRIMA 2009), 名古屋国際会議場, RoboCup Games ポスターセッション発表：(2009)

- 2) 笹岡久行：ANCT 2010 Rescue Simulation TeamDescription, RoboCup Japan Open 2010, 大阪工業大学大宮キャンパス, ポスターセッション発表：(2010)
 - 3) 笹岡久行：JICA トルコプロジェクト派遣業務報告書, トルコ国自動制御技術教育普及計画強化プロジェクト報告書, 独立行政法人国立高等専門学校機構：51-54(2010)
-

[制御情報工学科]

- 1) 堀川紀孝: 鑄ぐるみによる異種材料の接合条件と鑄造シミュレーションの適用, 日本鑄造工学会第157回全国講演大会 技術講習会, 札幌：(2010)
-

[物質化学工学科]

- 1) 富樫巖：気軽に読める「微生物の小話講座」－その7 冷蔵庫でキノコ栽培－, ウッディ エイジ 2010年3月号, 679：1-4(2010)
 - 2) 沼田ゆかり：機能性バクテリアセルロースゲルの創製, *Cellulose Communications*, 17(2)：74-78(2010)
 - 3) 宮越昭彦：気相プラズマを利用する環境浄化材の作成とメタン高転換プロセスの開発, 第2回高専－技科大マテリアルサイエンスフォーラム, 豊橋技術科学大学：(2010)
 - 4) 宮越昭彦：マイクロ波加熱特性を利用した高品位な炭素材料の作成と応用, 第2回北海道地区高専テクノ・イノベーションフォーラム, KKR ホテル札幌：(2010)
 - 5) 宮越昭彦：旭川高専 物質化学工学科の現状, 豊橋技術科学大学平成21年度教育研究高専フォーラム, 豊橋技術科学大学：(2009)
-

[一般人文科]

- 1) 十河克彰：英語表現アラカルト: Do time 服役する, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2009)
- 2) 十河克彰：英語表現アラカルト: Leaving Japan with His Reputation Intact 大過なく日本を去る, 啓

林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2009)

- 3) 十河克彰：英語表現アラカルト：To Read between the Lines 行間を読む, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 4) 十河克彰：英語表現アラカルト：Who's 'You'?ひと, 人, ヒトの不思議, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 5) 十河克彰：英語表現アラカルト：Your Chickens Come Home to Roost 身から出た錆, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 6) 十河克彰：英語表現アラカルト：To Chew the Cud 何度も何度も考える, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 7) 十河克彰：英語表現アラカルト：It's Greek to Me チンプンカンプン, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 8) 十河克彰：英語表現アラカルト：Lock 鍵 or 錠をかける? 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 9) 十河克彰：英語表現アラカルト：You Can't Take It with You あの世には何ももっていけない, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 10) 十河克彰：英語表現アラカルト：You Can Cook Sashimi 刺身だって COOK することはある, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 11) 十河克彰：英語表現アラカルト：Cannibalize 共食いする/させる, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)
- 12) 十河克彰：英語表現アラカルト：Raise Your Pants ズボンをあげよ, 啓林館メールマガジン, <http://www.shinko-keirin.co.jp/koei/index.htm>:(2010)

[一般理数科]

- 1) 長岡耕一：「数学に対する学習意欲」について, 数学共育会 研究集録 24 : 17-18(2010)
-

V 特許

出願者：出願名（西暦発行年）

[物質化学工学科]

- 1) Kakuchi, T.*, Satoh, T.*, Sakai, R., Takagi, F.*, Yamanaka, M.* : Aqueous lubricant containing hyperbranch polyglycerol PCT Int. Appl. (2010), WO 2010103681 A1 20100916. 覚知豊次*, 佐藤敏文*, 堺井亮介, 高木史明*, 山中雅巳* : 水系潤滑剤特開 2010-215734(2010)

 - 2) 富樫巖 : 固定化トリコデルマの製造方法および木材保存方法 (特願 2010-244604) (2010)
-