

久留米工業高等専門学校
紀 要

第15卷 第1号

MEMOIRS
OF
KURUME NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 15 No. 1
SEPTEMBER 1999

平成 11 年 9 月

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15巻 第1号
(平成11年9月)

目 次

生体細胞の凍結挙動に及ぼす超音波の影響	{平松 国健 男一 ...	1
SPS システム用 RF-DC エネルギー変換電子管 (その2)	{杉大 森崎 欣三 ...	5
— シミュレーション結果との比較 —	{大上 田 裕 人 ...	
Development of High Speed Hough Transform Device	{Katsuyuki NAKASHIMA	11
— For Intelligent Materials Processing —	{Yutaka OBUCHI	
	{Katsunori INOUE	
パワー NIC による双方向通信装置の試作	{高中 松島 政利 ...	15
生成機構を有する自己組織化神経回路網の	{前塚 田 道治 ...	19
巡回セールスマン問題への適用	{宮 本 廣 美 ...	
ビフィズス菌増殖促進物質の胞合胆汁酸分解酵素に与える影響 ...	{笈木 宏 和 ...	27
	{日田 麻衣子 ...	
	{執藤 みち 治夫 ...	
	{森 道 哲 ...	
ひ化コバルト系化合物の熱分解によって生じる	{重松 浩 気 ...	31
ひ素ガスの平衡蒸気圧の測定	{久保 甚一 郎 男 ...	
	{馬 越 幹 ...	
実用英語技能検定試験についての考察	江 島 孝 則 ...	39
— 単位認定の論議を踏まえて —		
剣道における打突動作 (1)	木 寺 英 史 ...	45
— 森田理論の考察 —		
微積分に関するある種の問題の n 変数への拡張と応用	杠 頭一郎 ...	49
学位論文	松 永 崇 ...	55
	{江 頭 成 人 ...	
	{中 坊 滋 一 ...	
平成10年度中に発表した論文及び講演題目		61
平成10年度卒業研究題目及び専攻科研究論文題目		74
久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規		81

一般論文

生体細胞の凍結挙動に及ぼす超音波の影響

平 啓 国 男
松 本 健 一

Effect of Ultrasonic Vibration on Freezing of Biological Tissue

Kunio HIRAHAYA
Kenichi MATSUMOTO

The effects of ultrasonic vibration on freezing of onion cells were investigated to develop the active freezing control of biological tissue. Onion cells were immersed in the flowing cooling liquid which was immiscible to water. Under various cooling rate, there were not very much change in freezing temperature of onion cells. When the irradiating rate of ultrasonic vibration exceeded a certain degree, freezing temperature of onion cells rised about 5°C and intracellular flow induced by ultrasonic vibration were observed.

Key Words : Freezing, Biological Tissue, Ultrasonic Vibration

1. 緒 言

我が国における臓器移植法の施行に伴い、生体の凍結保存技術の確立が急務となっている。これまでの食品・生体等の凍結保存の研究において、凍結・解凍速度が食品の鮮度や生体細胞の生存率に大きく依存することが経験的に知られており¹⁾、最近では試料が単細胞あるいは微小な組織細胞に限定されるが、冷却速度を1次元的に任意に変化できる方向性凝固法を用いた冷却速度や凍害防御剤の効果などに関する基礎的研究²⁻⁴⁾が進展している。しかし、生体臓器のような3次元の広がりを持つ大型試料の凍結保存技術は試料内部の温度・濃度場を最適に制御することが困難であるため現時点ではほとんど白紙の状態である。本研究では大型組織細胞の凍結保存を可能とする技術の確立を目標にして、伝熱制御と電磁場や超音波場を用いた凍結・解凍過程の能動的な制御技術の可能性を探求する。本報告は、その第一段階として、水と不溶性で電気絶縁流体であるフロリナート液を冷却媒体として、観察・計測が容易なタマネギの表皮細胞の凍結実験を行い、凍結開始温度や凍結形態等に及ぼす冷却速度や超音波場の影響を調べたものである。

2. 実験装置及び実験方法

図1に実験装置の概略を示す。図中の太線は冷却液フロリナートの流れであり、矢印の方向へ循環する。マグネットポンプから出た冷却液は、プログラム低温恒温槽内に浸漬したコイル内で冷却され、テスト部へ送入され試料を冷却する。テスト部を出た冷却液は流量計を経てマグネットポンプに戻り循環する。試料の観察は透過光により、光学顕微鏡に接続したCCDビデオカメラを用いて行う。試料温度はK種の微細熱電対の出力を電圧計で計測し、パソコンに記録する。ホーン型の超音波振動子はテス

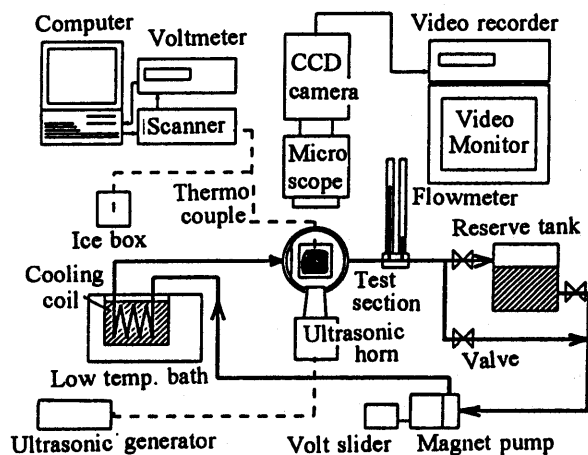


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

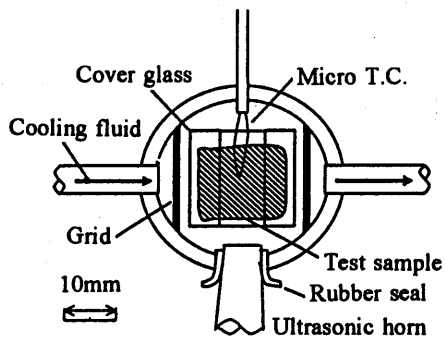


Fig. 2 Details of test section

ト部側面より挿入され直径7mmの先端部が冷却液と接触している。超音波振動子の共振周波数は19.5kHzであり、多周波超音波発生装置で周波数とパワーレベルを設定し駆動する。

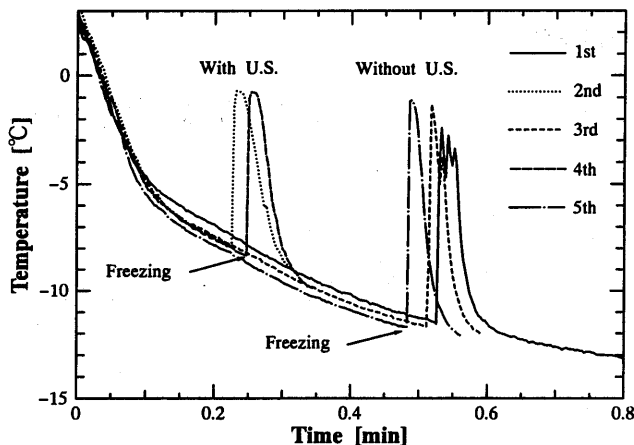
テスト部は図2に示すように、アクリル管をリング状に切断したもので、上下面の蓋は中央に観察用ガラス窓がある。ガラス窓は二重構造で内部を真空にして断熱している。冷却液は多孔整流板を通過した後テスト試料を冷却する。試料はカバーガラスに軽く張り付け、上面は両端をカバーガラスで固定し、試料中央は冷却液に露出している。試料温度測定用の微細熱電対(素線径15 μ m)の温接点は試料表面に軽く接触させる。この試料は上蓋に取付けたアーム部にマグネットで固定する。

実験の手順は以下のとおりである。まず、テスト部上蓋のアームに試料と温度測定用の熱電対をセットし、それをテスト部に装着する。試料は玉ねぎの内側の透明な表皮部分(約10 \times 10mm)を用いた。テストループの空気抜きを完了した後、ビデオカメラによる観察と試料の温度測定を開始する。超音波印可を行う場合は、周波数とパワーレベルを設定する。次に、あらかじめ設定温度に保った恒温冷却槽に冷却コイルを浸漬し冷却を開始する。パソコン上の温度モニター画面で凍結を確認後、冷却コイルを槽から引き上げ、解凍操作に移行する。

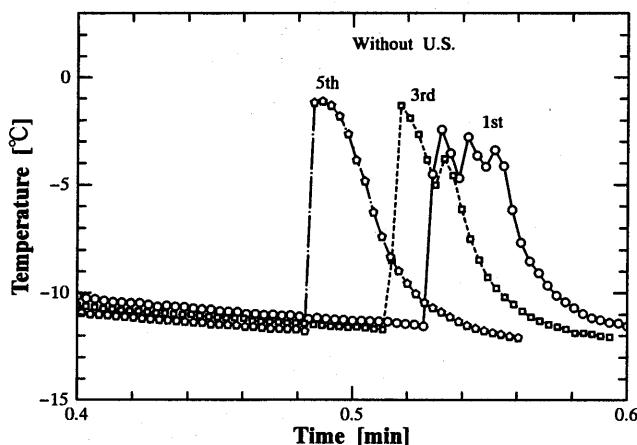
3. 実験結果及び考察

3.1 試料の冷却曲線と凍結温度

図3は微細熱電対により測定した凍結過程の試料表面温度の時間変化を示す冷却曲線である。同一試料について超音波印可なしの場合(1, 3, 5回)と印可した場合(2, 4回)を交互に凍結・融解をくり返したものである。本実験では冷却過程の途中で急激な温度上昇が始まる時点を凍結開始時とみなし、



(a) Effect of freezing repetition



(b) Enlarged scale of (a)

Fig. 3 Temperatuer changes of onion cells

その時の温度を凍結温度とした。この温度上昇は試料が凍結する際潜熱を瞬間的に放出し、自身や周囲を急激に加熱するためと考えられ、ビデオカメラの観察でも凍結による画面の暗化がこの時点で観察された。温度変化よりこの瞬間の加熱速度は3000 $^{\circ}$ C/min以上と推測される。それぞれの冷却曲線を比較すると、超音波の印可により、印可しない場合より凍結温度がほぼ5 $^{\circ}$ C程度上昇している。しかし、それぞれの条件ではくり返しによる凍結温度の変化はあまりみられない。図3(b)において、凍結直後に発生する温度ピーク時の温度変動を見ると、1回めに顕著に現れているが、回を重ねるにつれて変動がなだらかになっている。これは凍結・融解過程における細胞の損傷程度と関連があるものと思われる。

3.2 冷却速度の影響

本実験では図 3 に示す冷却曲線において、急激な温度上昇を開始する凍結時から 0.1min 前までのデータを最小二乗法により多項式近似し、凍結時のその微係数を冷却速度と定義した。図 4 は凍結時の冷却速度の変化に対して凍結温度を示したものである。冷却槽の温度を -20°C から -25°C と変化することにより冷却速度を変化させている。図より凍結温度は冷却速度に関係なくほぼ一定値となっている。同図には鶴田らのデータ⁵⁾も示すが、いくぶん傾向が異なっている。これは冷却方法の違いによると考えられる。鶴田らの実験では冷却面は線状に進行するのに対し、本実験では面全体で冷却しているので氷核生成の確率が高く、凍結温度は氷核生成温度で決定され、冷却速度の影響は小さいと考えられる。

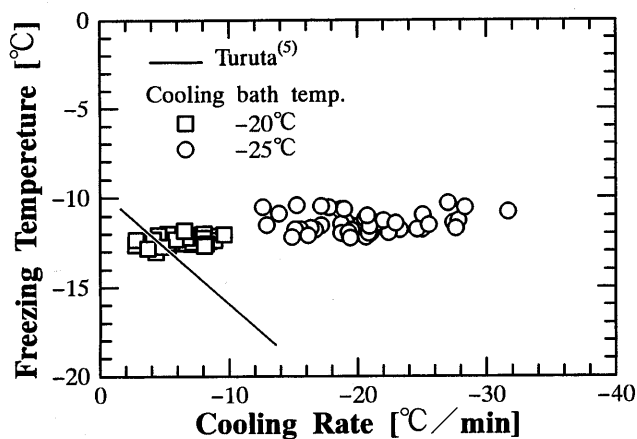


Fig. 4 Freezing temperature versus cooling rate (without ultrasonic vibration)

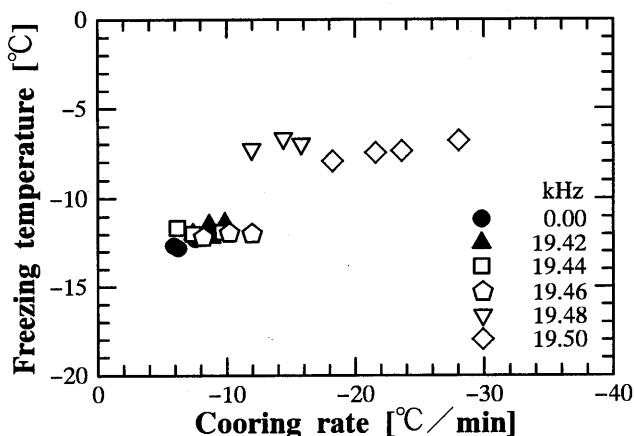


Fig. 5 Freezing temperature versus cooling rate (with ultrasonic vibration)

3.3 超音波の影響

図 5 は冷却槽の温度 -25°C において、超音波を印可した場合の凍結温度と超音波強度の関係を示す。周波数を段階的に共振周波数 (19.50kHz) に近づけることで超音波の強度を変化させている。 19.44kHz 以上 (白抜記号) の周波数ではキャビテーション気泡が発生している。図より周波数が 19.48kHz 以上になると凍結温度がステップ状に約 5°C 上昇しその値で落ち着くことが分かる。超音波振動による直進流とキャビテーション気泡により、周波数の増加につれて試料の冷却速度が格段に増加する。凍結様相の顕著な変化は認めなかったが、凍結温度が上昇する理由として、冷却速度の影響を無視すれば、超音波振動自体あるいはキャビテーション気泡による過冷却解除が考えられる。図 6 に示す凍結開始時の連続写真では、試料表面に付着した気泡を中心にして放射状に凍結が進行している様子が見られる。

一方、凍結実験終了後の観察によると、細胞に超音波振動を印可した場合、図 7 に見られるような、細胞内物質の流動が認められた。細胞質や細胞膜の損傷なく細胞内の流動を制御出来れば、超音波振動

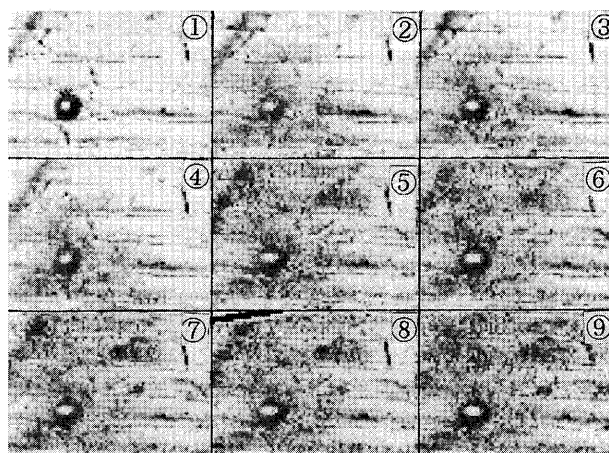


Fig. 6 Advance of freezing area from a gas bubble

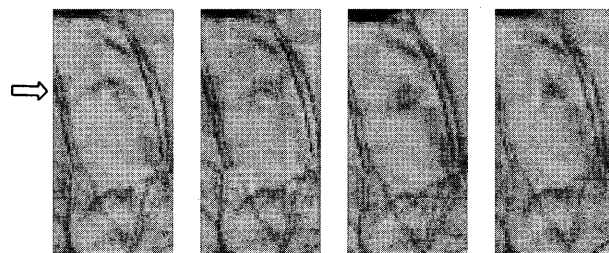


Fig. 7 Intracellular flow induced by ultrasonic vibration

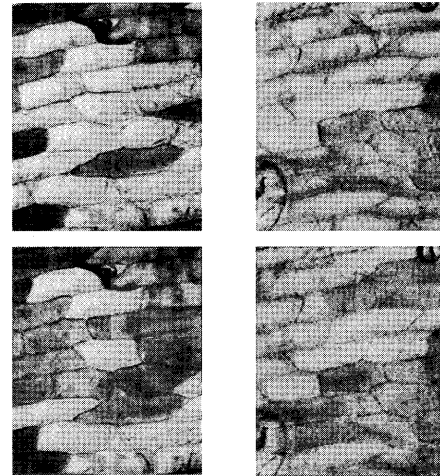
による凍結制御の可能性が考えられる。

3.4 細胞の損傷と凍結挙動

図 8 (a)(b) に同一試料のそれぞれ 1 回目と、3 回目の凍結過程の写真を示す。前者は細胞に立体感があり、凍結は細胞毎に明瞭な境界を示しモザイク状に進行する。後者は細胞が平面的で、最初全面に霞状の陰影が現れ、その後細胞毎の境界が曖昧な状態で凍結が進行する。これは前者は細胞内凍結であるのに対し、後者では破損した細胞膜(壁)から漏れ出した細胞液が優先的に凍結し、その後細胞内が凍結するものと考えられる。

4. 結 言

水と不溶性のフロリナート液を冷却媒体として、タマネギの表皮細胞の凍結実験を行い、凍結挙動を調べた。凍結開始時に試料は $3000^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上の急激な温度変化をする。凍結温度は冷却速度により変化しなかった。超音波振動の印可により、試料の凍結温度が 5°C 程度上昇し、超音波振動によって引き起こされた細胞内流動が観察された。これらの実験結果は凍結・解凍過程の能動的な制御の可能性を示唆している。ただし、超音波振動による生体への損傷についての検討が不可欠である。



(a) 1st

(b) 3rd

Fig. 8 Freezing behavior

参 考 文 献

- 1) 棚沢, 伝熱研究, 2-2 (1995), 5.
- 2) 多田・他 3 名, 第34回日本伝熱シンポ講論 (1997), C111.
- 3) 鶴田・他 2 名, 第34回日本伝熱シンポ講論 (1997), C112.
- 4) 石黒・他 4 名, 第34回日本伝熱シンポ講論 (1997), C113.
- 5) 鶴田・他 2 名, 第33回日本伝熱シンポ講論 (1996), B311.

一般論文

SPSシステム用RF-DCエネルギー変換電子管(その2)

— シミュレーション結果との比較 —

杉 森 欣 三
大 崎 邦 倫
上 田 裕 人

RF to DC Energy Converter Electron Tube for SPS System Application (Part 2)

— Comparison with the Simulation Results —

Kinzo SUGIMORI
Kuninori OOSAKI
Hiroto UEDA

In this paper, we have discussed the possibility of microwave tubes as a RF to DC energy converter for the SPS (Solar Power Satellites) ground station. Usually, the microwave tubes are used as a microwave amplifier or oscillator. It was shown experimentally by using the conventional small power helix traveling-wave tube (TWT) that RF to DC energy conversion phenomenon could occur at the special operating condition of beam voltage. The DC output power of 7W was measured with the conversion efficiency of more than 40%. The experimental results were compared with the simulation results, and good agreement was observed.

1. ま え が き

従来の石油などの化石エネルギー資源に代わる、将来の有望なエネルギー源のひとつとして、太陽発電衛星 (Solar Power Satellite; SPS) の構想があり¹⁾、その実現に向けて各方面で活発な調査研究が行われている²⁾。

SPSシステムは宇宙に打ち上げた太陽発電衛星から、発電電力をマイクロ波 (RF) で地球に送電し、地上でこれを再び直流電力 (DC) に変換して、電力源として利用しようとするものである。図1にSPSの概念図を示す。

その中でも、マイクロ波送受電技術はSPSを実現するうえで特に重要な技術のひとつである。筆者らは受電したマイクロ波電力を直流に変換する過程に注目して、新しいRF-DC変換用マイクロ波電子管の可能性を検討している³⁾⁴⁾。

これまでRF-DC変換素子としては、受電アンテナと一体化した、いわゆるレクテナなど固体ダイオードを用いている。しかし高周波用固体ダイオードは1素子あたりの取扱電力が小さく、SPSのような大電力を扱うシステムには必ずしも適していない。ま

た多数個の素子の合成で構成するとしても、合成による損失や電気サージなどの破損による信頼性低下などを考えればやはり適当ではない。

そこで固体ダイオードに代わる大電力素子 (RF-DC変換用大電力マイクロ波電子管) があれば大変好都合である。マイクロ波電子管は構造的に本来、大電力、高電圧動作に適している。従来、マイクロ波電子管はマイクロ波を増幅、発振するデバイスであるが (DC-RF変換)、これを逆にRF-DC変換用として応用する試みはこれまでわずかの例を除い

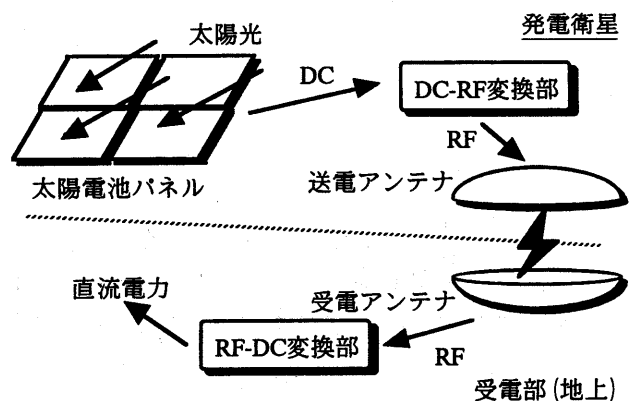


図1 宇宙発電システムの構成

て殆どなされていない⁶⁾。

ここではマイクロ波電子管の一つである進行波管 (TWT) を用いて、RF-DC 変換動作を実験で確認するとともに、シミュレーション計算を実施して測定結果と比較検討を行ったので報告する。

2. 進行波管による RF-DC 変換動作

2.1 進行波管

進行波管 (TWT; Traveling wave Tube) は 1947年頃、イギリスの Kompfner によって発明された⁷⁾。現在、広帯域マイクロ波増幅電子管として衛星通信や衛星放送などで、送信機の最終段電力管として広く用いられている。進行波管の構造は図2の概念図に示すように電子銃部、遅波回路部 (ヘリックス)、コレクタ部、および磁界装置部から構成され、磁界装置部以外は真空気密構造となっている⁸⁾。

進行波管はその名が示すように、RF 入力端に入力されたマイクロ波が電子銃から放出された電子ビ-

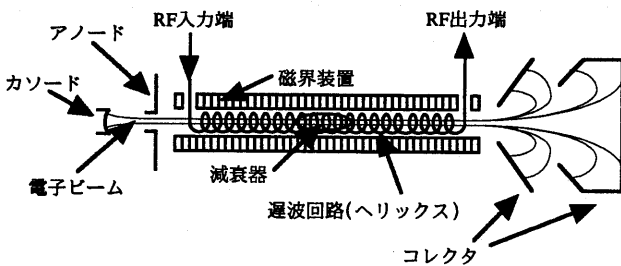


図2 進行波管の概念図

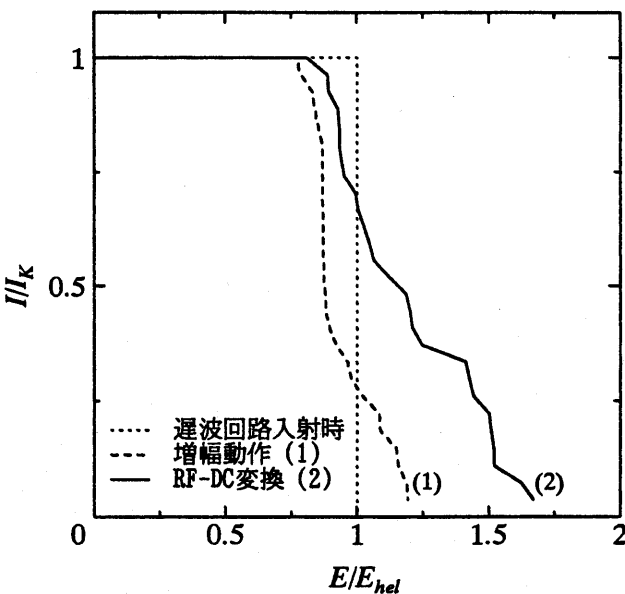


図3 電子ビームのエネルギー分布

ムとともに、例えば光速の10~20%程度の速度で進行しながら、相互作用によりマイクロ波と電子ビームとの間でエネルギー変換が行われる。

通常の動作では進行波管は電子ビームのエネルギーをマイクロ波に与えてマイクロ波は増幅するが (DC-RF 変換)、動作条件をある特殊な条件に変えることによって逆にマイクロ波のエネルギーを電子ビームに与えることも可能で、この現象を利用して RF-DC 変換を行うことが考えられる。

2.2 RF-DC 変換の原理

通常のマイクロ波増幅動作 (DC-RF 変換) では上述のように、電子速度が減速して運動エネルギーを失いこれがマイクロ波エネルギーに変換される。このような通常のマイクロ波増幅動作では、電子速度は RF 電界の位相速度より若干速い状態に調整されており、大半の電子がマイクロ波の減速電界位相領域に集群して、全体として電子は減速されてマイクロ波が増大、増幅される。

一方、電子速度を RF 電界の位相速度より少し遅くすると、電子の集群の中心は遅れて RF 加速電界位相領域にずれ込み、RF 電界は減衰して電子は加速されて運動エネルギーを増す。このように電子速度 < RF 電界位相速度となるように条件を整えれば、進行波管内部でマイクロ波電力は電子の運動エネルギーに変換される。

こうして得られた電子ビームは図3に示すようなエネルギー分布を持つ。横軸はマイクロ波入力がない場合の直流ビーム・エネルギーを1としたときの正規化エネルギーであり、縦軸は横軸に対応する値以上のエネルギーを持つ電子ビーム電流を全ビーム電流で正規化した値である。図中で細点線はマイクロ波入力がない場合のエネルギー分布を示し、曲線 (1) および曲線 (2) はそれぞれ、増幅動作 (DC-RF 変換) および RF-DC 変換のばあいのエネルギー分布である。

RF-DC 変換のばあいについて考える。マイクロ波によって加速された電子ビームがコレクタ電極に突入すれば、単にコレクタ熱損失を増加させるだけであるが、電子のエネルギー増加分をコレクタに消費させることなく有効に外部に直流出力として取り出すには、通常の増幅管でも効率改善の手段として用いている「電位低下コレクタ」技術を応用する。

図4 (a) に示すように、コレクタ電極 (Col) に負荷抵抗 R_L を接続する。このようにすると図中で矢印方向にコレクタ電流 I_{col} が流れ、負荷抵抗 R_L に $E_{col} = I_{col} \times R_L$ の電位差を生じてコレクタ電位

は図 4 (b) に示すように、カソード (K) 電位よりさらに低くなる。このためコレクタに突入する電子はさらに減速されて、ついにはコレクタに到達できず遅波回路 (Helix) 側に戻される電子が発生する。このような状態になると今度はコレクタ電流 I_{col} が減少してコレクタ電位が上昇するから結果として電子がちょうど速度零で (すなわちコレクタ損失が零になるように)、コレクタ電流とコレクタ電圧が自動的に決まる。

負荷抵抗 R_L に発生する電力は $P_{DC} = I_{col} \times E_{col}$ で、これはこれまでコレクタ熱損失として失われていたエネルギーに相当し、結果としてマイクロ波電力を直流出力として、外部負荷抵抗に取り出せたことになる。

これを電子ビームのエネルギー分布図で考えると次のようになる。即ち図 5 に示すように、コレクタ電流 (I_{col}) およびコレクタ電圧 (E_{col}) はエネルギー分布曲線と、式 (1) に示す負荷直線との交点から求められる。

式 (1) に示す負荷直線との交点から求められる。

$$I_{col}/I_k = E_{col}/R_L/I_k \quad (1)$$

直流出力 $P_{DC} = I_{col} \times E_{col}$ は図 5 中の面積 a に相当し、面積 b は電子ビームの加速エネルギーでコレクタに捕集される前に電源に回収される。また面積 c は十分に減速できなかった電子のエネルギーでコレクタとの衝突により熱損失として失われる。

このように実際の相互作用では電子ビームエネルギーは一様ではなく広がりがあるので、全ての電子を速度零で捕捉することは困難でコレクタ損失を完全に零にすることは難しい。

3. 実験結果

本文では RF-DC 変換動作の確認実験を X バンド 20W 級ヘリックス型進行波管を用いて行った。表 1 に実験に使用した進行波管の仕様概要を示す。また図 6 に実験回路を示す。

今回使用した進行波管は 2 段電位低下コレクタ型

表 1 進行波管の仕様概要

項目	性能
構造	遅波回路：ヘリックス型 (速度テーパなし) コレクタ：2 段電圧低下型 冷却：伝導冷却 RF 入出力：SMA/WRJ-9 導波管
重量	0.9kg
寸法	長さ：300mm
周波数	X バンド
出力	22W
利得	42dB
総合効率	35%
カソード電流	43mA
ヘリックス電流	3.6kV/0.6mA
コレクタ 1 電圧/電流	1.6kV/20mA
コレクタ 2 電圧/電流	1.1kV/22mA

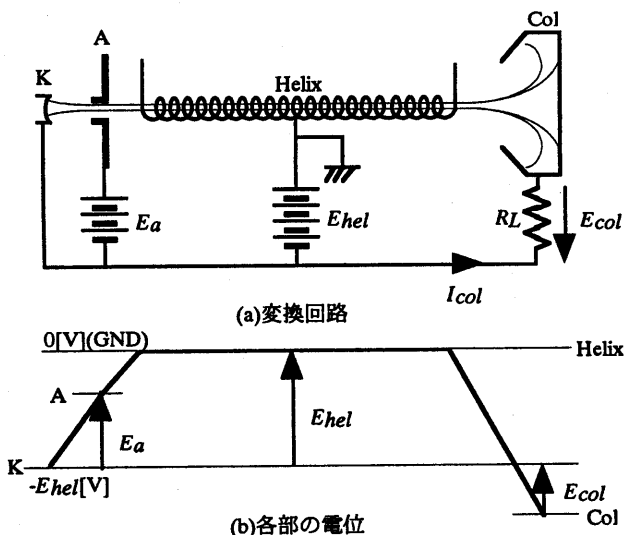


図 4 変換回路と各部の電位

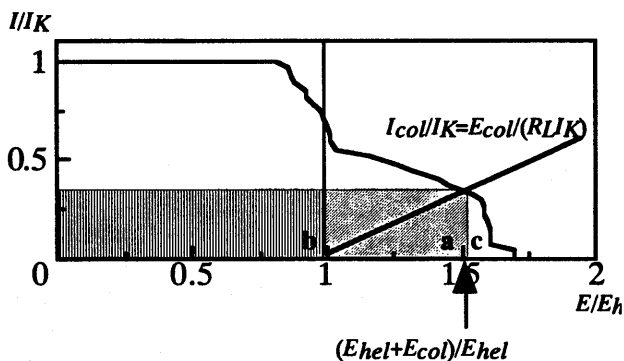


図 5 電子ビームのエネルギー分布

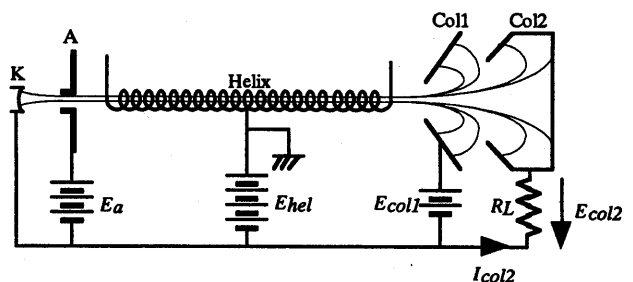


図 6 実験回路

で、負荷抵抗 R_L をコレクタ 2 電極 (Col2) に接続して、コレクタ 1 電極 (Col1) では Col2 で捕捉できなかった電子を捕捉する。

抵抗 R_L に流れる電流 I_{col2} と端子間の電位差 E_{col2} を測定して、直流出力 P_{DC} ($=I_{col2} \times E_{col2}$) を確認する実験を行った。

図 7 はビーム電流 $I_k=14.5$ (mA), 負荷抵抗 $R_L=10$ (k Ω), RF 入力 $P_{in}=6.7$ (W) と固定して、ビーム電圧を変化させたときの直流出力である。この進行波管の増幅管としての定格ビーム電圧は $E_{hel}=3.6$ (kV) であるが、これより約 800 (V) 低い、 $E_{hel}=2.78$ (kV) で最大直流出力 $P_{DC}=1.2$ (W) が得られた。

次にビーム電流 $I_k=23.0$ (mA), RF 入力 $P_{in}=17.0$ (W) として負荷抵抗 R_L を変化したときの I_{col2} , E_{col2} および直流出力 P_{DC} ($=I_{col2} \times E_{col2}$) を測定した。ビーム電圧は負荷抵抗値を変える毎に直流出力が最大となるように調整した。図 8 はその測定結果である。負荷抵抗値を大きくすると電位差 E_{col2} も大きくなるが、電流 I_{col2} は減少する。これは相互作用を受けた電子ビームのエネルギーにばらつきがあるため、電位低下が大きくなると、エネルギーが足りずコレクタに到達できなくなる電子が増えるためである。

直流出力 P_{DC} は抵抗値 R_L に対してゆるやかに増加して、 $R_L=60$ (k Ω) で最大になった。この傾向はビーム電流 I_k およびマイクロ波入力 P_{in} を変えてもほぼ同様であった。

今度は負荷抵抗を $R_L=60$ (k Ω) に固定して、ビーム電流 I_k をパラメータとしてマイクロ波入力 P_{in} を変化させたときの直流出力 P_{DC} と変換効率 η を測定した。但し、変換効率 η は次式で定義される。

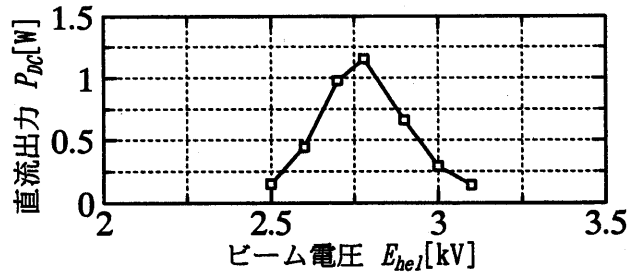
$$\eta = P_{DC} / P_{in} \times 100 (\%) \quad (2)$$

図 9 の実線に測定結果を示す。マイクロ波入力 P_{in} を増加すると直流出力 P_{DC} はほぼ直線的に増加するがやがて飽和する。この飽和値はビーム電流 I_k に依存し、 I_k を増加するほど増加する。

一方、変換効率 η は直流出力飽和点の手前で最大になる。その最大効率はビーム電流 I_k が増加するにつれてゆるやかに増加する傾向が見られた。

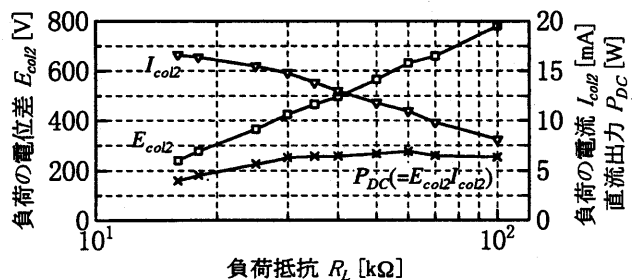
この実験では最大効率はビーム電流 $I_k=23$ (mA), マイクロ波入力 $P_{in}=13.2$ (W) において、直流出力 $P_{DC}=5.7$ (W), 最大効率 $\eta=43$ (%) が得られた。また効率は若干低下するが最大出力は $P_{in}=17$ (W) において、 $P_{DC}=7$ (W) が得られた。

効率については変換効率として式 (2) で定義したが、実際には進行波管内で消費される電力や損失電力があるので、これらの諸損失を含めて効率を評価しなければならない。今これを総合効率 η_{ov} とすれば、 η_{ov} は次式で定義される。



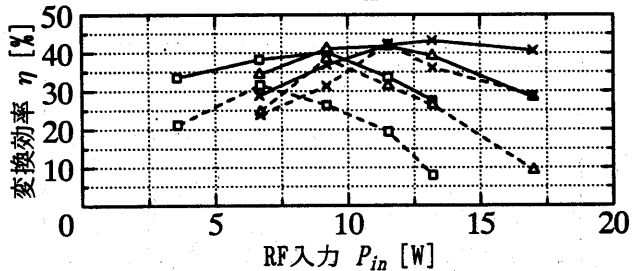
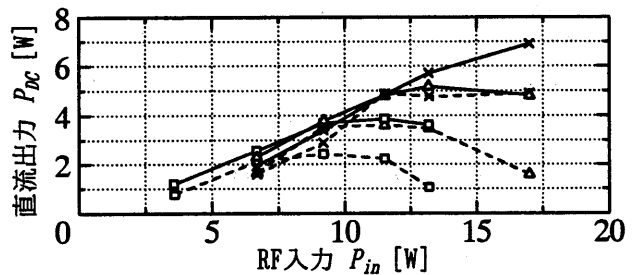
$I_k=14.5$ [mA], $P_{in}=6.7$ [W], $R_L=10$ [k Ω]

図 7 ビーム電圧と直流出力の関係



$P_{in}=17$ [W], $I_k=23.0$ [mA]

図 8 負荷抵抗と負荷の電位差・電流、直流出力の関係



— 実線値 □ $I_k=14.5$ [mA]
 - - - 計算値 △ $I_k=18.7$ [mA]
 ····· × $I_k=23.0$ [mA]

図 9 RF 入力と直流出力、変換効率の関係

$$\eta_{ov} = P_{DC} / [P_{in} + E_f \times I_f + E_{hel} \times I_{hel} + E_{coll} \times I_{coll}] \quad (3)$$

この実験で得られた変換効率の最高値 43 (%) を総合効率で評価をするとつぎのように低くなる。

$$\eta_{ov} = 5.7 / [13.2 + 3.9 \times 1.1 + 2.6 \times 2.3 + 0.37 \times 10.5] = 21 (\%) \quad (4)$$

実験で使用した進行波管の本来の定格ビーム電流は $I_k = 43$ (mA) であるが、ビーム電圧が定格電圧 3.6 (kV) より約 1 (kV) も低い電圧での動作であるため、ビーム透過率が悪化してビーム電流は $I_k = 23$ (mA) までしか実験できなかった。

4. 実験とシミュレーションとの比較検討

前項の実験について、電子ディスクモデルによる非線形大信号動作シミュレーション計算を行った。

大信号理論は小信号から飽和出力に至るまでの進行波管の動作を知るための解析法である。遅波回路に沿って進行するマイクロ波と、その位相速度とはほぼ同じ速度で進行する電子ビームの動作ふるまいは回路方程式、電子の運動方程式および電荷保存則の 3 つの基本式から導かれる非線形連立微分方程式で表される。電子はマイクロ波の 1 周期内に入射するものについて回路に沿って追跡するが、1 周期内のすべての電子を追跡することは不可能であるからこれを n 等分して、この n 個の電子ディスクを追跡する。この微分方程式は電子計算機による数値解として解かれ、マイクロ波電界強度や各電子の速度などが求められる。

得られた解から電子ビームのエネルギー分布図を前出の図 5 のように描くことができ、その面積からビームのエネルギーや RF-DC 変換された直流出力を求めることができる。

前項の実験条件についてシミュレーションを行った結果を前掲の図 9 中に点線で示した。直流出力、変換効率ともにシミュレーション結果は実験結果より若干低いものの、定性的にはよく一致した。

次にビーム電流 $I_k = 23.0$ (mA)、RF 入力 $P_{in} = 13.2$ (W)、負荷抵抗 $R_L = 60$ (k Ω) としたときの遅波回路の長さとの関係についてシミュレーションを行った。図 10 がその結果で、図の斜線部の区間は進行波管内部の減衰部である。減衰部より前部のところで最大出力が得られることがわかった。最大出力が得られる位置で負荷抵抗 R_L を変化させたところ、 $R_L = 160$ (k Ω) で直流出力

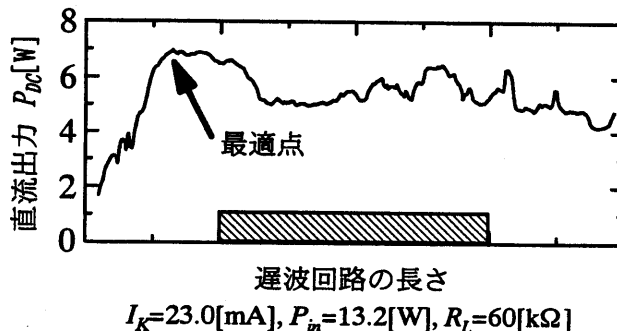


図 10 遅波回路の長さとの関係

$P_{DC} = 9.5$ (W)、変換効率 $\eta = 71$ (%) の高効率を得られた。

5. RF-DC 変換用電子管の今後

本稿ではマイクロ波電子管による RF-DC 変換動作を確認するため、進行波管による実験及びシミュレーション計算を行ったが、総合効率はかなり低いものになった。これは本来 RF-DC 変換用でない通常の進行波管を用いたことが大きな原因である。これらをふまえて将来の高効率化について方策をまとめると次のようになる。

- a. ヒータ電力の低減
- b. ビーム透過率の向上
- c. 電子加速効率の向上
- d. エネルギー回収用電位低下コレクタの最適化

a 項は小電力管では顕著であるが、大電力管であれば問題にならない。さらに最近の FEA カソードを採用すれば根本的に解決する。b 項は現在の技術で対応できる。c 項および d 項がこれからの課題で、従来の増幅管の技術を若干視点を変えて導入する必要があるだろう。

構造的には前項のシミュレーション結果から遅波回路は短くて済み、発振防止用減衰部も不要になる。これは全体の小型化にもなり、ビーム透過率向上にも寄与するであろう。シミュレーションによる計算結果では変換効率 71 (%) の結果も得られているので、今後の開発により 80% 以上の高効率達成も十分期待できる。

今回は進行波管タイプに限って議論したが、今後は RF-DC 変換に最適な形式についても議論が必要である。

6. あとがき

これまでの化石エネルギーに代わる将来の代替エネルギーのひとつとして、宇宙発電 (SPS) の構想が注目されている。この中でマイクロ波送受電技術は SPS システムを実現するうえで、重要な技術のひとつである。特に筆者らは地上で受電したマイクロ波電力を再び直流電力に戻す手段として、従来から提案されてきた固体高周波ダイオードを多数個用いる方法に代えて、大電力高電圧マイクロ波 RF-DC 変換電子管を提案し、実際に進行波管を用いて実験およびシミュレーションにより RF-DC 変換が可能であることを検証した。

その結果、最高変換効率43 (%) が得られたが、今回使用した進行波管は通常の増幅用進行波管であったため、総合効率は21 (%) と低い結果になった。

シミュレーションによる実験結果との比較検討も行い、実験とよく一致する結果が得られた。さらにシミュレーションによれば遅波回路も十分短くでき、変換効率も71 (%) の結果が得られるなど、今後の設計開発に向けた有用な方向性を得ることができた。

最後に、本研究に関してご協力戴いた (株) 東芝那須電子管工場の関係各位に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) P.E. Glaser, "Power from the Sun: Its Future", Science, Vol.162, pp.857-861, 1968.
- 2) DOE and NASA report, "Satellite Power System; Concept Development and Evaluation Program", Reference System Report, 1979.
- 3) 杉森, 上田, 大崎: "SPS システム用 RF-DC エネルギー変換電子管", 久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 第2号, pp.7-12, 1999.
- 4) 杉森, 上田: "SPS システム用 RF-DC エネルギー変換電子管", 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.98, No.467, pp.81-87, 1998.
- 5) V.A. Vanke, V.L. Savvin, "Cyclotron-wave converter for SPS energy transmission system", SPS'91, B7. 2, pp.515-520, 1991.
- 6) 北, V.A. Vanke, 松本, 篠原, "CWC (Cyclotron Wave Converter) の設計に関する研究", 1998年電子情報通信学会総合大会, B-1-24, p.24, 1998.
- 7) 小山次郎, "通研叢書, 進行波管", 丸善, 1964.
- 8) 杉森欣三, "衛星搭載用進行波管の開発", 久留米工業高等専門学校紀要, 第12巻, 第1号, 1996.

一般論文

Development of High Speed Hough Transform Device — For Intelligent Materials Processing —

Katsuyuki NAKASHIMA
Yutaka OBUCHI
Katsunori INOUE*

Abstract

Hough transform (HT) is an effective method to extract line figure from picture image. However, it has high cost of calculation that prevents it from applying to wide practical use. The problem lies in shortening of calculation time. Previously, the authors proposed the simultaneous recurrence algorithm by which the operation of HT can be realized with high speed and high accuracy. It is introduced in this report that the authors manufacture special purpose hardware by way of experiment on the basis of the above algorithm.

1. Outline of Simultaneous Recurrence Formula

The primitive operation of HT is performed by using Eq.(1) for the values of x and y , which are the coordinates of a point (x,y) of an image plane.

$$\rho_n = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta, \quad \theta = n \Delta \quad (1)$$

By changing n from 0 to N , $N+1$ values of ρ_n can be calculated in Eq.(1) where Δ is small increment of angle (then, $n: 0 \rightarrow N$ corresponds to $\theta: 0 \rightarrow \pi$). If we perform this operation straight forwardly, it takes very much time due to frequent calculation of trigonometric function. Then, using the addition theorem of trigonometric function, the authors derived the simultaneous recurrence formula by dividing the calculation range of angle into $2m$ equi-sections where approximate calculation of HT is performed in parallel operation. Eqs.(2)-(5) are an example of 4 equi-sections case.

$$\rho_{1,1,n} = \rho_{1,1,n-1} + \Delta \rho_{1,2,n-1} \quad (2)$$

$$\rho_{1,2,n} = -\Delta \rho_{1,1,n-1} + \rho_{1,2,n-1} \quad (3)$$

$$\rho_{2,1,n} = \rho_{2,1,n-1} - \Delta \rho_{2,2,n-1} \quad (4)$$

$$\rho_{2,2,n} = \Delta \rho_{2,1,n-1} + \rho_{2,2,n-1} \quad (5)$$

,where $\rho_{1,1,0} = x$, $\rho_{1,2,0} = y$, $\rho_{2,1,0} = y$, $\rho_{2,2,0} = -x$

They are approximate equations in case $\Delta \ll 1$.

As are seen in these equations, Eqs.(2) and (3), Eqs.(4) and (5) are paired respectively, and form simultaneous recurrence formula. The variable range of θ for each $\rho_{*,*,n}$ calculation as n changes from 1 to $N/4$ is shown in Table 1. The values of $\rho_{*,*,n}$ of the left terms of pairing Eqs.(2),(3) and Eqs.(4),(5) are calculated successively, in parallel respectively, with initial values. Fig.1 shows the process of four ρ value generation with coordinate rotation. ρ_{11} and

Table 1 Range of θ for calculation of $\rho_{*,*,n}$

	Calculation Range
$\rho_{1,1,*}$	$0 \rightarrow \pi/4$
$\rho_{2,1,*}$	$\pi/4 \leftarrow \pi/2$
$\rho_{1,2,*}$	$\pi/2 \rightarrow 3\pi/4$
$\rho_{2,2,*}$	$3\pi/4 \leftarrow \pi$

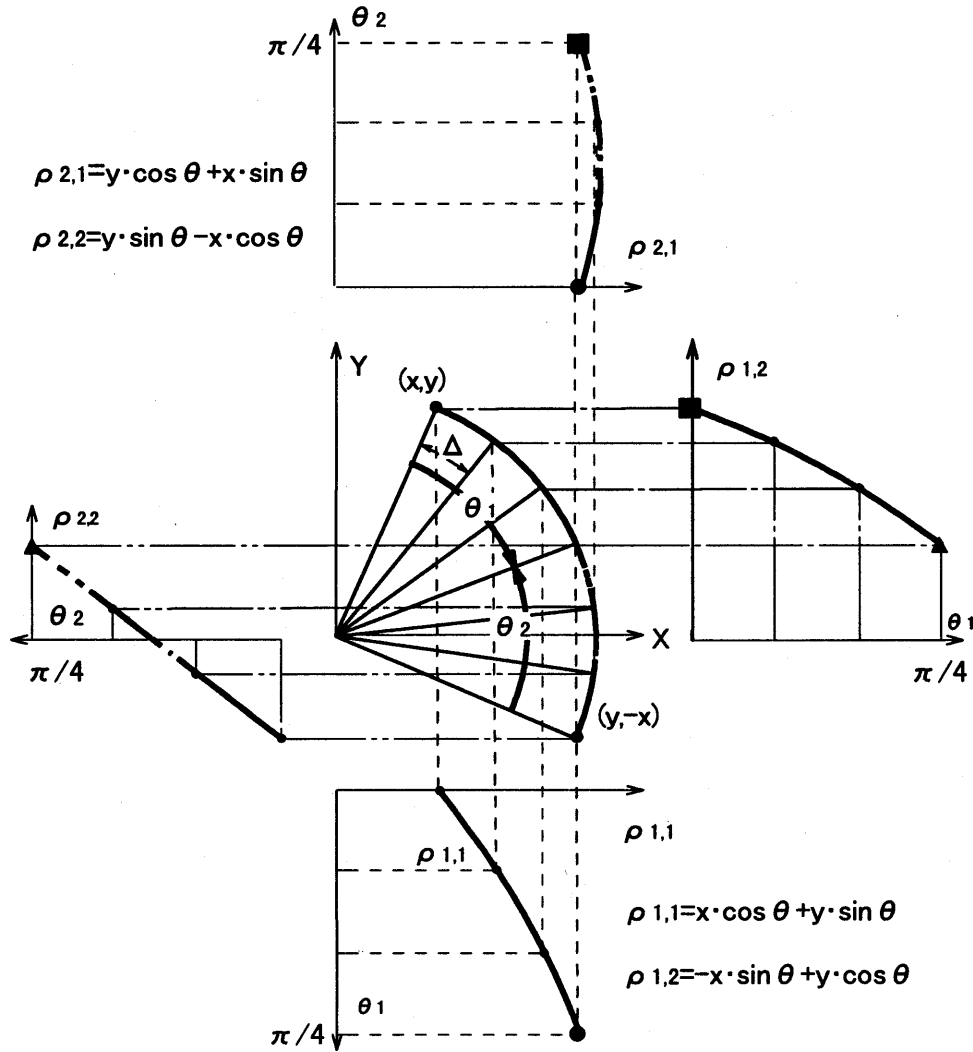


Fig. 1 Successive generation of each ρ_s

ρ_{12} are obtained by rotating initial position coordinate (x,y) with clockwise rotation. Otherwise, ρ_{21} and ρ_{22} are obtained by rotating initial position coordinate $(y,-x)$ with anticlockwise rotation.

2. Trial Manufacture of Special Hardware :

The special hardware device, with which above described simultaneous recurrence algorithm can be performed, is manufactured by way of experiment. Its block diagram is shown in Fig. 2. Eqs.(2)-(5) consist of the multiplication, the addition and the subtraction, but the multiplication can be replaced with the bit-shift operation in binary system if we put $\Delta = 2^{-n}$ (in the present case, $7=k$). And, in hardware, the bit-shift operation can be realized by only connecting each bit, shifting by the required amount of bit-shift, to the next stage. Then, no operation is performed actually at the operation denoted as 'shift' in Fig. 2. In this figure, ADD and SUB express the addition and the subtraction operations respectively, the fundamental operations in this device is the addition only because the subtraction can be replaced with the addition of

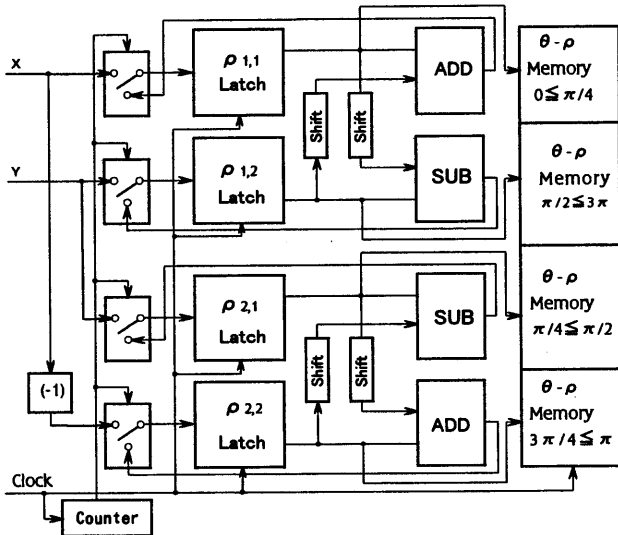


Fig. 2 Block diagram of high speed Hough Transformer

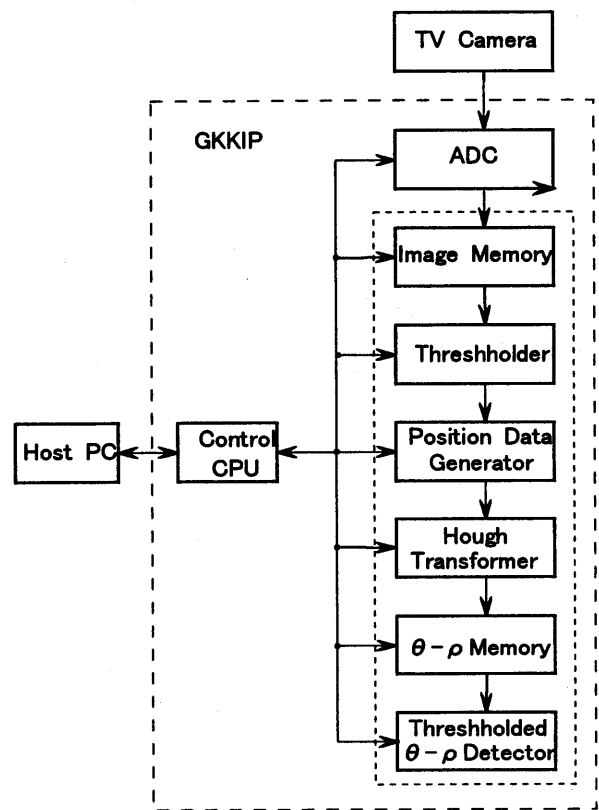


Fig. 3 Installation of high speed Hough Transformer

complement on 2. The behavior of the device is as follows.

First, the coordinates of a HT required point (x,y) are fed to the input port as the initial values, then, after switching the circuit, the operations such as latch, shift, addition (or subtraction), increment of the $\theta - \rho$ memory content according to the calculated result where $\theta - \rho$ memory performs a function as the two-dimensional histogram, are repeated in this order. These operations are repeated certain fixed times $N/4$ (at the present case, 101 times), then switching the circuit again and the coordinates (x,y) of the next point are fed, The same procedures are continued for all the HT required points. All the processing including above described operations and their timing controls, addressing to the $\theta - \rho$ memory and pre- and post- processing of HT are realized by using 4 pieces of LCA chips, XC4005FC84 of XILINX Co. Ltd.

This device is incorporated into the general purpose image processing apparatus, GKKIP of GAZOUKOUGAKU KENKYUSHO. The block diagram of the apparatus is shown in Fig. 3. The part manufactured at this time is encircled with broken lines in the figure. The above mentioned HT operation is performed at the part marked as Hough Transform. The parts marked as Thesholder and Position Data Generator are pre-processing parts. The binarization for image data is performed on the basis of a given thresholding level at the former part and the coordinates (x,y) corresponding to each high thresholded address is calculated and sent to Hough Transform operation part at high speed. The part marked as Thresholded $\theta - \rho$ Detector is post-processing part where $\theta - \rho$ memory is searched and in case the content of the

memory exceeds the arbitrarily determined threshold, its θ and ρ values are stored in the exclusive memory. Setting of the necessary data, sending the control instructions to the pre-processing, the operating, and the post-processing parts, reading out the processed results are performed by the host PC(NEC PC 9821) through the control CPU(INMOS Transputer 800).

3. Test Result of Manufactured Device

As the result of the test for this device, it is confirmed that the time required for HT per 1 point of the image plane is 10 microsec. This value is short enough to attain high-speed processing. However, this device is in the improvement stage for the operation time of the pre- and post-processing parts, as there is a little bit problem for this speed.

Acknowledgement

The authors are much indebted to NIHON-KIDEN Co., Ltd. for financial support to this research work.

References

- 1) Katsuyuki Nakashima, Hidetoshi Yakabe, Yutaka Obuchi and Katsunori Inoue "High-Speed, High-Accuracy Hough Transform Using Simultaneous Recurrence Formula" Systems and Computers in Japan toward the 21st Century, Scripta Technica Inc. Vol.28, No.3, 1997, p24-33



一般論文

パワー NIC による双方向通信装置の試作

高 松 政 利
中 島 勝 行The Bidirectional Communication Circuit Employing
Power Negative Impedance ConverterMasatoshi TAKAMATSU
Katsuyuki NAKASHIMA

It has been well known that the Negative Impedance Converter (NIC) has unique characteristics on the electric circuit analysis. And the bidirectional communication circuit with NIC has been reported, but there were little practical applications. Then we investigated this problem and try to solve it. By this attemptation the practical application of NIC to the bidirectional communication could be enabled.

1. ま え が き

現在、負性インピーダンス変換器 (Negative Impedance Converter ; NIC と呼ぶ) は IC オペアンプを用いることで容易に実現できるが、特異な特性のわりには素子感度がおおきいので、この応用例が少ない。応用例に、双方向増幅機能をもった電話回線の損失補償に用いられる中継器¹⁾²⁾、これと別に動作原理を異にした双方向増幅器の報告³⁾がある。後者の双方向増幅器は、NIC の持つ特性を十分に活用したものであるが、実際に製品化を見ない。そこで筆者等は双方向増幅器を用いた屋内用通信装置の試作により、問題点の提唱、その対策を検討し、実現の可能性を検討してきた^{4)~8)}。

今回、先の報告に続き、電気音響変換効率の高いスピーカの選出、及び初期増幅度設定等の問題点を解決することが出来た。これによりここに、十分に使用に耐える双方向通信装置を報告する。

2. パワー NIC を用いた双方向増幅器の原理

図1の点線で囲まれた部分は、オペアンプを用いたNICを示す。この回路は4端子回路であり、

$$v_1 = v_2 \quad (1)$$

$$i_1 = -k \cdot i_2 \quad (2)$$

$$\text{但し, } k = (R_2/R_1) \quad (3)$$

の関係が成り立つ。

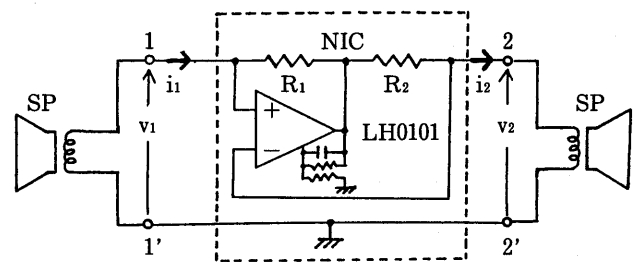


図1 パワー NIC を用いた双方向通信装置

このNICの一方の入力端子に負荷をつないだ場合、他方の入力端子からNIC側を見ると、負性インピーダンスが得られ、このことは双方向に言える。

今回試作した双方向通信装置は、図1に示すようにNICの両入力端子11', 22'にインピーダンスが同一のスピーカをつなぐだけの簡単な回路構成となっている。なお、NICのオペアンプは、スピーカを駆動するためパワーオペアンプ (LH0101CK) を用いている。これによりNICは大電流を制御できるためパワーNICと称することにする。

図2(a)は、図1の回路で端子11'側スピーカより音声入力があった場合の等価回路を示す。

この時の出力電流 i_2 、出力電圧 v_2 は、

$$i_2 = e / (Z \cdot (1 - k)) \quad (4)$$

$$v_2 = i_2 \cdot Z \quad (5)$$

となる。ここで $R_1 > R_2$ の条件下に、 k の値が1に漸近すると、 i_2 は増加し、 v_2 が増加することになる。

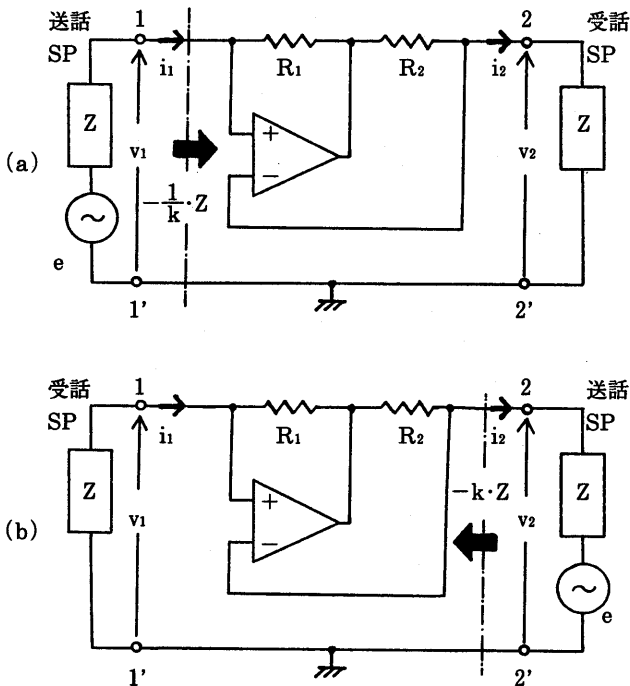


図2 双方向通信動作原理

また、図2(b)は、逆に端子22'側スピーカより音声入力があった場合の等価回路を示す。この時の出力電流 i_2 、出力電圧 v_2 は、

$$i_2 = e / (Z \cdot (1/k - 1))$$

$$= k \cdot e / (Z \cdot (1 - k)) \div e / (Z \cdot (1 - k)) \quad (6)$$

$$v_2 = -i_2 \cdot Z \quad (7)$$

となり、同様に i_2 は増加し、 v_2 が増加する。双方向に増幅作用が得られることになる。

本装置では、スピーカを電気エネルギーから音響エネルギー、または逆に音響エネルギーから電気エネルギーと双方向に可逆的に変換可能な電気音響変成器として使うことになる。すなわち、送話側スピーカに話した声は入力電気信号になり、双方向増幅器で増幅され、受話側スピーカより音声出力される。このため、増幅なしで送話スピーカの入力音声レベルと受話スピーカの出力音声レベルの比を変成効率と称し、これが低いと双方向増幅器で増幅しなければならなくなる。

3. スピーカの特性と要求される双方向増幅度

筆者等の前回の報告では、一般に使用されるダイナミックスピーカ（フォステックス FE83 使用：1W, 1m, 88dB）を取り上げたが、変成効率が約1%と低く、話した声と同レベルの声が得られるためには双方向増幅度が100倍の比較的高い増幅度が要

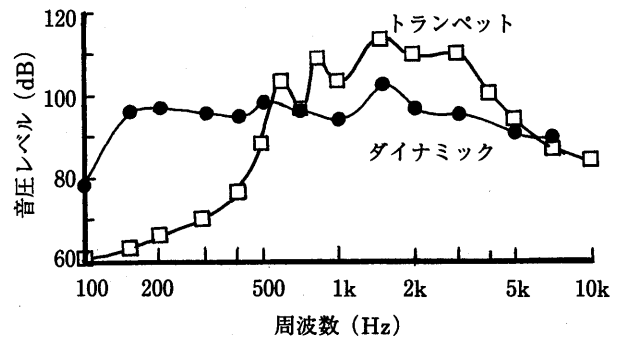


図3 スピーカの感度 (入力1W, at 50cm)

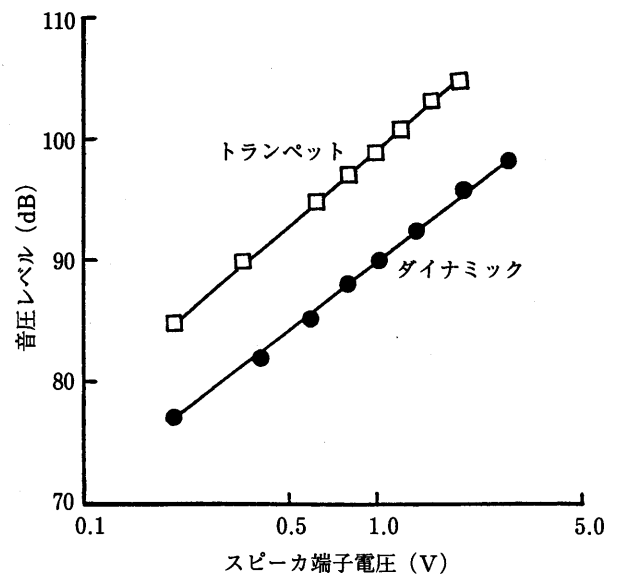


図4 スピーカの電気→音響変換

求されていた。また周波数-インピーダンス特性で低周波（200Hz 近傍）に大きなピークを持ち 8Ω の約3倍にも変化する。このことは同一ロットの製品においてもピークの少しのずれが問題になると考えられた。

これはパワー NIC 双方向増幅器の安定動作範囲増幅度を考慮すると、変成効率の良好なスピーカの採用が望ましいことであった。

今回は、トランペットスピーカ（アシダ音響 RUH-5 使用：1W, 1m, 102dB）について同様の検討を行い、ダイナミックスピーカと比較検討している。

図3は、両スピーカの感度（周波数-音圧レベル）特性を示す。スピーカ端子に電力1Wを加え、50cm離れた場所の音圧レベルを測定している。トランペットスピーカの感度-周波数特性は形状から来る1~3kHzの低い周波数域でダイナミックスピーカより

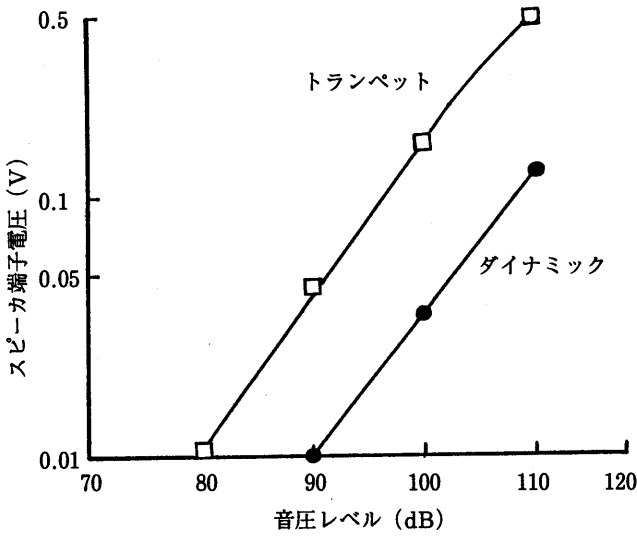


図 5 スピーカの音響→電気変換

約10倍の音圧レベルが得られた。更に、ダイナミックスピーカに対しインピーダンスの周波数による変化が少なく、ダイナミックスピーカ使用の場合必要とした低域阻止フィルターを必要としなかった。

図 4 にスピーカからの距離20cm における、電気→音響、図 5 に音響→電気の変換の特性を示す。これらの図から電気→音響→電気への変換効率、ダイナミックスピーカが1%、トランペットスピーカが12.6%であった。このことは双方向増幅度がダイナミックスピーカを使えば100倍を必要とするのに対し、トランペットスピーカでは約8倍の低い増幅度でよいことになる。双方向一般に増幅器の増幅度は低い方が安定に発振することなく動作することより、トランペットスピーカがダイナミックスピーカより望ましいと言える。

4. 増幅度調整

動作は、本回路で十分であるが、増幅度初期設定で抵抗 R_1 , R_2 の微調が必要となる。ここで言う増幅度は、音声入力による入力側スピーカの起電力 e に対する出力側スピーカ端子電圧比である。図 6 は R_1 を $8.2 (\Omega)$ 一定にし、 R_2 を $9.0 (\Omega)$ から $8.4 (\Omega)$ に変化させ、 R_1 に近づけた場合の増幅度は約10倍から40倍に急変する。この R_2 の初期設定が困難と言う問題があった。この対策として、NIC の端子 1 側 (+) に並列にスピーカインピーダンスの数倍の増幅度調整用抵抗を挿入することを考えた。

図 7 (a), (b) は、増幅度調整抵抗付きの回路で、端子11'側スピーカからの音声入力のあった場合の

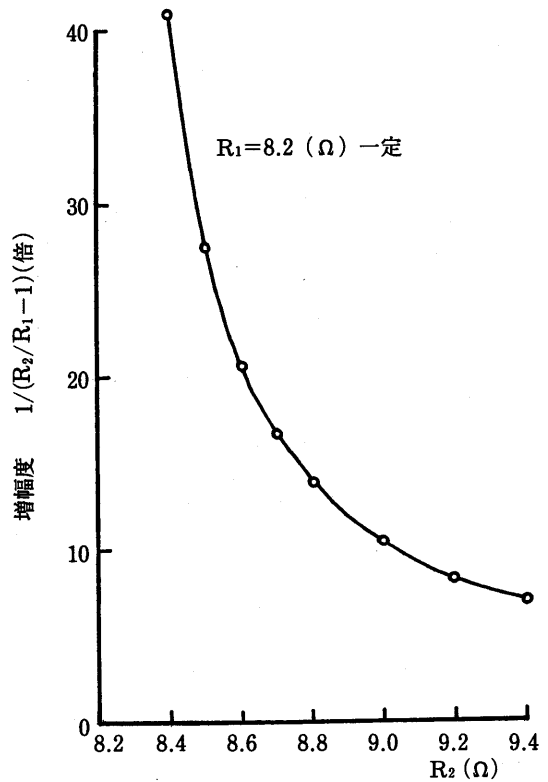


図 6 R_1 , R_2 抵抗微調による増幅度の変化

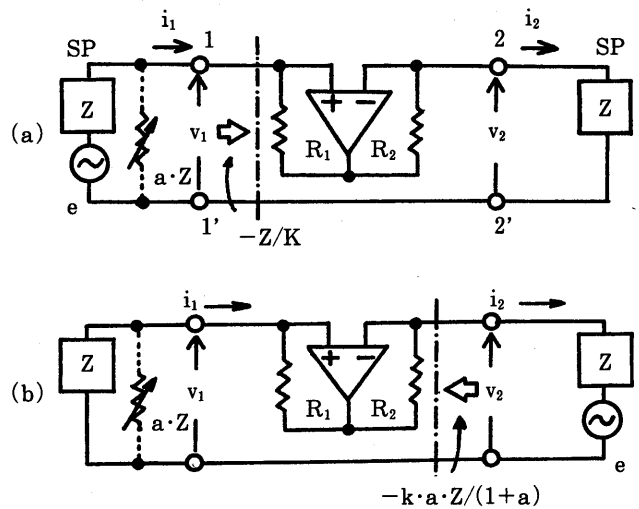


図 7 増幅度調整抵抗を付けた回路

出力側スピーカ端子電圧は、

$$v_2 = -a / (a \cdot k - 1 - a) \cdot e \tag{8}$$

端子22'側スピーカからの音声入力のあった場合の出力側スピーカ端子電圧は、

$$v_1 = a \cdot k / (a \cdot k - 1 - a) \cdot e \tag{9}$$

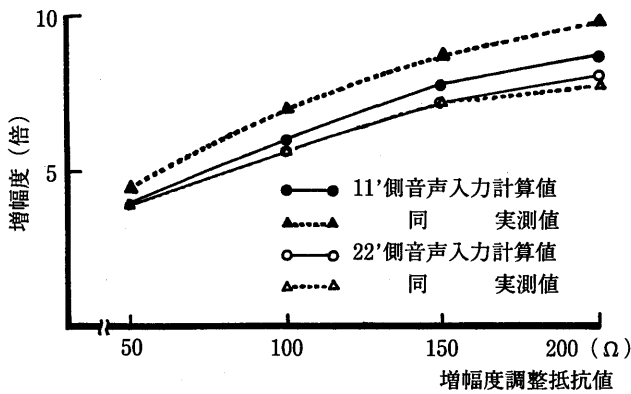


図8 増幅度調整抵抗値と増幅度

の式で表せる。

図8は、 $R_1=8.85(\Omega)$ 、 $R_2=8.2(\Omega)$ に設定し、調整用抵抗を $50(\Omega)$ から $150(\Omega)$ に変えたもので、増幅度は約4から8倍に緩やかに変化する。計算値と実測値はよく一致している。すなわち、トランペットスピーカの音響-電気-音響変換の変成効率により決まる増幅度8倍は容易に、かつ安定におこなえることになった。

5. スピーカ取付

スピーカの正面に近接して音を受けると、出力された音が顔で反射してスピーカに入力するためハウリングがおこる。この対策に図9に示すように横から話す必要があった。

6. ま と め

本研究は、パワーNICによる双方向通信装置の実用化への諸問題点を提唱し、その対策を検討した。すなわち、

- (1) 双方向通信装置は、基本的には2個のスピーカとNICの簡単な回路構成で実現できた。
- (2) NICに使用したオペアンプは、スピーカを駆動するためにパワーオペアンプICを用いた。
- (3) 送話、受話は、共に単体のスピーカで兼用して、電気音響変成器として使用した。今回検討のトランペットスピーカの変成効率は、20cmの距離で12.6%であり、双方向増幅器の増幅度は約8倍が要求される事がわかった。
- (4) 増幅器の増幅度初期設定はNICの外付け抵抗で調整出来るが、僅かの抵抗値調整で大きな増幅度

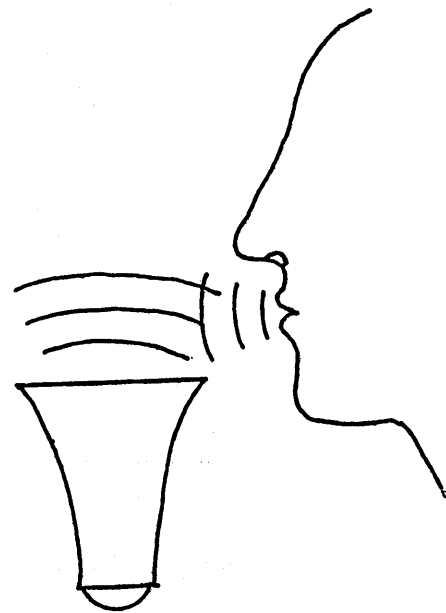


図9 スピーカ取付図

の変化が見られ困難であった。今回本報告では、調整用抵抗の採用で容易に、安定に出来た。双方向において増幅度の実測値は計算値によく一致していた。

(5) 従来の双方向通信装置は受話は受話器、送話は送話器を使用し、それぞれに増幅器を必要とした。また、送信、受信の状態切り替えを必要とする。これに対し、本双方向通信装置は送信および受信共に1つのNICで行え回路が簡単な上、送信、受信の切り替えを必要としない特長を持つ。したがって、工場、事務所でのハンドフリーの交信が行えるので作業の中断をなくすることができるため効果大と言える。

参 考 文 献

- 1) 柳沢, 八木: “負性抵抗を含む回路網理論”, 信学誌, 47, 4, p70 (昭39-04)
- 2) “最新オペアンプの実戦技術”, 誠文堂新光社 1970
- 3) 大井: “双方向増幅器”, 特公昭57-131108
- 4) 高松: 電気全国大会講演論文集455, (1989)
- 5) 高松, 中島: 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集256, (1990)
- 6) 高松, 中島: 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集232, (1991)
- 7) 高松, 田上: 電気学会全国大会公園論文集461, (1993)
- 8) 高松, 中島: 久留米工業高等専門学校紀要13巻1号, (1997)

一般論文

生成機構を有する自己組織化神経回路網の
巡回セールスマン問題への適用前 田 道 治
塚 本 洋 介[†]
宮 島 廣 美[‡]An Application to Traveling Salesperson Problem on
Self-Organizing Neural Networks with Creating MechanismMichiharu MAEDA
Yosuke TSUKAMOTO[†]
Hiromi MIYAJIMA[‡]

This paper discloses novel approaches from the viewpoint of solving the traveling salesperson problem with the utilization of self-creating neural networks and confirms their validity through numerical experiments. The present method creates new neurons on the basis of active distance between reference and input vectors. Nevertheless, the algorithm has a drawback in that the learning result is not always made better, under the influence of a few twists. Then we improve the algorithm with the use of correcting twists, and the self-creating neural network is applied. Experimental results show the effectiveness of the proposed techniques.

Key Words : traveling salesperson problem, self-organizing feature map, creating mechanism, neural networks, correcting twists

1. ま え が き

組み合わせ最適化問題の一つに巡回セールスマン問題がある。この問題は NP-完全問題であり厳密解を求めることは困難である¹⁾。それゆえ、様々な手法を用いて近似解を求める試みがなされている²⁾。その中で Kohonen の自己組織化特徴写像³⁾を用いる方法は、大規模な問題に対して許容可能な時間内で計算でき、良好な近似解を得ることのできるものとして知られている⁴⁾⁵⁾。従来、自己組織化は情報圧縮やパターン認識に用いられることが多かったアルゴリズムである。しかし、自己組織化を組み合わせ最適化問題へ適用した報告に弾性輪法⁶⁾がある。これは学習なしの一括更新を行うことによって解を探していく方法である。また、松山⁷⁾は自己組織化を用いてユークリッド空間における様々な巡回セールスマン問題を解く方法を提案した。この方法は、比較的大規模な問題に対して高速でしかも良好な近似解を得ている。一方、情報圧縮に関連してベクトル量子化では、学習が参照ベクトルの初期値に大きく

影響されたり、その数によっては勝者決定に多くの時間を要する可能性がある⁸⁾。そこでこの影響を少なくするものとして生成型神経回路網が提案されている⁹⁾。これは入力ベクトルと既存の参照ベクトルを指標として新しくベクトルを生成する方法である。学習過程でベクトルを増加させていくため、学習の初期の段階においての高速化が図れる。よって、同じ精度の近似解を求める場合には、参照ベクトルの数を固定したときよりも有効な学習が行える。これらに関連して、参照ベクトルの定常状態における漸近的な分布や定量的な特性が議論されている^{10)~17)}。

本論文では、生成機構による神経回路網の自己組織化を用いて、巡回セールスマン問題の解を求める新たなアルゴリズムを提案する。これは参照ベクトルと都市との距離に基づく閾値を用いて勝者が活性化基準に達しているか否かを判断し、新たなベクトルを生成する方法である。また、生成の際にねじれが発生する場合がある。このとき、ねじれが発生したまま学習が終了すると、巡回経路が長くなり良好な結果が得られなくなる。通常、ある程度学習を行うと自然に解消されるが、それでも解消されなかった場合には、新たに導入するアルゴリズムを用いて

平成11年5月17日 受理

[†]北陸先端科学技術大学院大学[‡]鹿児島大学

改善を行なう。更に、参照ベクトルの初期値に対する学習の依存性を検討するために、初期配置の異なる 3 つのパターン、ランダム配置、単純生成配置、および環状配置、についても検討を行う。最後に、数値計算により従来のアルゴリズムとの比較を行い、提案手法の有効性を議論する。

2. 巡回セールスマン問題とその自己組織化による解法

巡回セールスマン問題とは、次のような問題である。平面上に都市が配置され、その座標の集合が $X = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ として与えられる。都市 $x_i = (x_i, y_i)$ および都市 $x_j = (x_j, y_j)$ の任意の 2 都市間の距離 $d(x_i, x_j)$ を次式で表す。

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1)$$

この d が与えられたとき、総距離を次のように記述する。

$$D = d(x_1, x_M) + \sum_{k=1}^{M-1} d(x_k, x_{k+1}) \quad (2)$$

この D が最小となるような順序づけ $x_{v_1}, x_{v_2}, \dots, x_{v_M}$ を求める問題である。言い換えれば、ある都市を出発したセールスマンが各都市を一度づつ訪問し、再び出発地点に戻るとき、その旅行行程が最小になる場合の経路を求めることである。 v_1, v_2, \dots, v_M は都市の座標を示し、この順に訪問すればその経路が最小となる。これは NP-完全問題であり、都市数の大きな問題に対して最適解を求めるには膨大な時間を費やし、困難であることが知られている。そこで神経回路網の自己組織化を用いることによって巡回セールスマン問題の近似解を高速に求める方法が提案されている。代表的な例を以下に示す。2次元空間 R^2 上において、入力データとして M 個の都市の集合 X を与え、また、参照ベクトル（以下、荷重ベクトルと呼ぶ）として、初期状態における K 個の集合 $W(0) = \{w_1(0), w_2(0), \dots, w_K\}$ を与える。さらに、各荷重はリング状の一次元連鎖で環状に結合させる。これは弾性輪法 (elastic ring method) と呼ばれる。以下では、環状配置と呼んでいる。まず集合 X からその要素をランダムに 1 つ選び、入力ベクトル x とする。そしてその都市 x と各荷重 w_i とのユークリッド距離 $\|x - w_i\|$ をそれぞれ全て計算及び比較を行い、これが最小となる場合の荷重を勝者 c として決定する。この決定式は次のようになる。

$$c = \arg \min_i \|x - w_i\| \quad (3)$$

時間 t における勝者の近傍範囲を $N_c(t)$ で表すと、勝者の荷重 w_c 及び近傍 $N_c(t)$ に含まれる荷重は更新し、他は更新しない。更新式は次のようになる。

$$\Delta w_i = p(t)(x - w_i) + q(t)\{(w_{i-1} - w_i) + (w_{i+1} - w_i)\} \quad (4)$$

$p(t)$ は、勝者及び近傍範囲内の荷重を、入力都市に向かって近づける力を調整する係数であり、 $q(t)$ は、連鎖状の各荷重がその両隣の荷重と互いに引き合う力を調整する係数である。 $p(t)$ 、 $q(t)$ 及び近傍範囲 $N_c(t)$ は、学習の進行とともに、それぞれ徐々に減少させていく。これは、勝者が大部分決定した時点で、荷重が過度に更新されてしまうことを防ぐためである。そして、全ての都市に対して、それぞれ相異なる勝者が決定したときに学習を終了する。ここで、

$$p(t) = \epsilon(t)f(i-c, t)H(|i-c| \leq L(t)) \quad (5)$$

$$q(t) = \alpha(t) \quad (6)$$

とし、 $\epsilon(t)$ 、 $f(i-c, t)$ 、 $H(|i-c| \leq L(t))$ 、および $\alpha(t)$ はそれぞれ以下のような関係を使っている。

$$\epsilon(t) = \min\{\epsilon(0)(1 + \sigma)^{\lfloor t/M \rfloor}, \epsilon_{\max}\} \quad (7)$$

$$f(i-c, t) = \exp\{- (i-c)^2 / (2\sigma^2(t))\} \quad (8)$$

$$\sigma(t) = \sigma(0)(1-s)^{\lfloor t/M \rfloor} \quad (9)$$

$$H(|i-c| \leq L(t)) = \begin{cases} 1(\text{true}) \\ 0(\text{false}) \end{cases} \quad (10)$$

$$L(t) = 1.15\sigma(t) \quad (11)$$

$$\alpha(t) = \max\{\alpha(0) - \beta t, \alpha_{\min}\} \quad (12)$$

3. 生成機構を用いた神経回路網の自己組織化

初期の学習過程において、多くの荷重ベクトルが存在すると勝者の決定に多くの時間を要する。また初期値が適切でなければ、後の学習にも影響を及ぼす。本論文では、それらを改善するために、生成による自己組織化を用いた巡回セールスマン問題を解くアルゴリズムを提案する。これは、荷重と都市との距離に基づいて、活性化基準に達しているか否かを判断し、新たに荷重を生成するモデルである。そして、生成の際に生じるねじれは、ねじれ解消アルゴリズムを用いて改善を図っている。

3.1 生成による自己組織化アルゴリズム

荷重を生成する基本的なアルゴリズムを示す。各荷重にはそれぞれ共通な閾値 θ を初期値として与え

る。選択された都市（入力ベクトル）と各荷重との距離をそれぞれ全て計算し、その距離が閾値 θ 以上である場合には新しく荷重を生成し、 θ 以下の場合には荷重の生成はせず更新のみ行う。

[生成による自己組織化アルゴリズム]

Step A1 初期化:

入力データとして M 個の都市の集合 X 、および初期状態における K_0 個の荷重の集合 $W(0)$ を与える。荷重は環状に結合させ、平面上に配置する。閾値 θ を設定し、 $t \leftarrow 0$ とする。

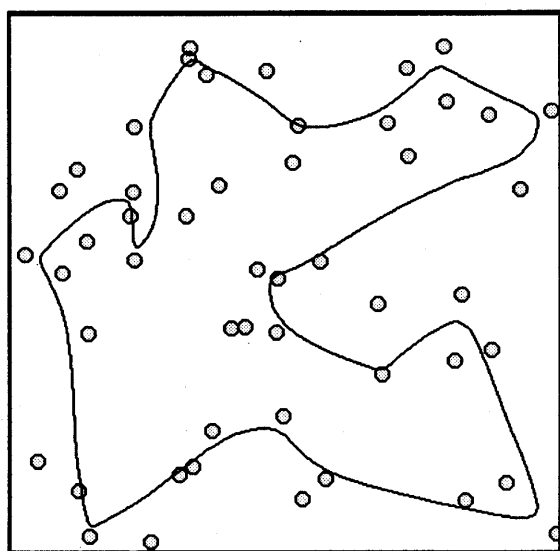


図 1 学習の終了判定を満たした場合の例。各々の点は都市を表し、曲線は荷重の連鎖の様子を表す。全ての都市に対して勝者が決定、あるいは学習回数が最大学習回数に到達した場合、学習は終了する。

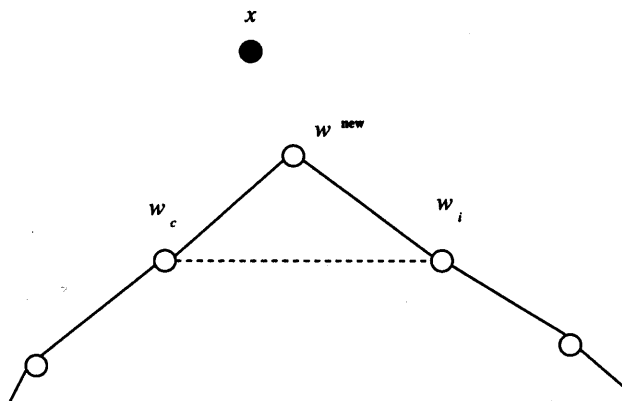


図 2 生成の例。入力、勝者の荷重、および入力に近い勝者の第 1 近傍の荷重の 3 点を取り、その重心に新たな荷重を 1 個生成する。

Step A2 学習:

A2.1 集合 X からランダムに 1 つ選び出した都市を、入力ベクトル x とする。

A2.2 $d_i = \|x - w_i\|$ を計算する。

A2.3 最小の d_i を与える荷重を、勝者の荷重 w_c とする。

A2.4 勝者が活性化基準を満たす ($d_c < \theta$) なら A2.5 へ。そうでなければ A2.6 へ。

A2.5 勝者 c とその近傍の荷重ベクトルを更新して A2.7 へ。

A2.6 勝者 c とその近傍を基にして、新しく荷重ベクトルを生成する。

A2.7 $t \leftarrow t + 1$ とする。

Step A3 終了判定:

全ての都市に対して勝者が決定、あるいは $t = T_{\max}$ (最大学習回数) の場合に学習は終了し、それ以外では Step A2 へ (図 1 参照)。 □

ここで、A2.6 の荷重の生成は、次の手順で行う (図 2 参照)。

- (i) 入力、勝者の荷重、および入力に近い勝者の第 1 近傍の荷重の 3 点を取り、その重心に新たな荷重を 1 つ生成する。
- (ii) 新しく生成した荷重を、勝者とその第 1 近傍の間に挿入し、それら両方の第 1 近傍となるように結合する。

3.2 ねじれ解消アルゴリズム

前節で述べたアルゴリズムでは、新たな荷重を生成した際、細胞連鎖にねじれが発生することがある。ほとんどの場合自然に解消されるが、そのまま学習が続くと、良好な結果が得られない。そのため、ねじれが生じた場合には、それを削除する必要がある。その判定を行なうために、直線の連立方程式をたて、2 直線の交点を交わりの位置とする。また、解消を行うために、細胞連鎖の順序づけを変更する。以下に、この過程を記述する。

[ねじれ解消アルゴリズム]

Step B1 ねじれの判定:

環状に結合している荷重ベクトル同士の直線の方程式を全ての組み合わせについて求める。点 (a_1, a_2) および点 (b_1, b_2) を通る直線は、以下の方程式により与えられる。

$$\frac{x - a_1}{b_1 - a_1} = \frac{y - a_2}{b_2 - a_2} \quad (13)$$

これで得た方程式の全ての組み合わせについて連立方程式をたて、 x と y について解くことで

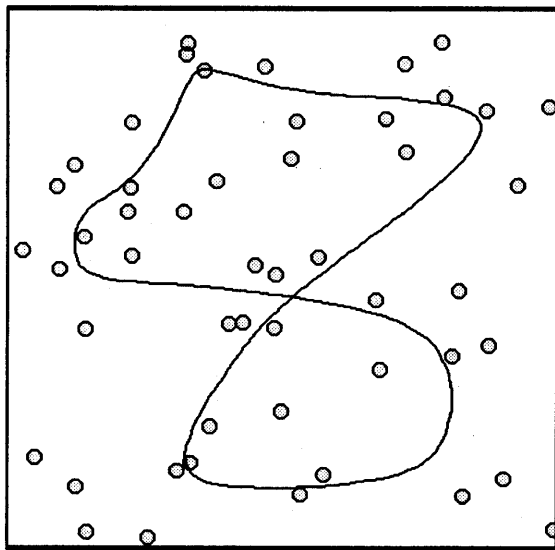
2 直線の交点が求まる。解がそれぞれの直線の範囲にあれば、つまり解が $a_1 < x < b_1, a_2 < y < b_2$ ($a_1 < b_1, a_2 < b_2$ のとき) を満たせば、その 2 直線は交わっているとみなすことができ、ねじれと判定できる (図 3 (a) 参照)。

Step B2 ねじれの解消:

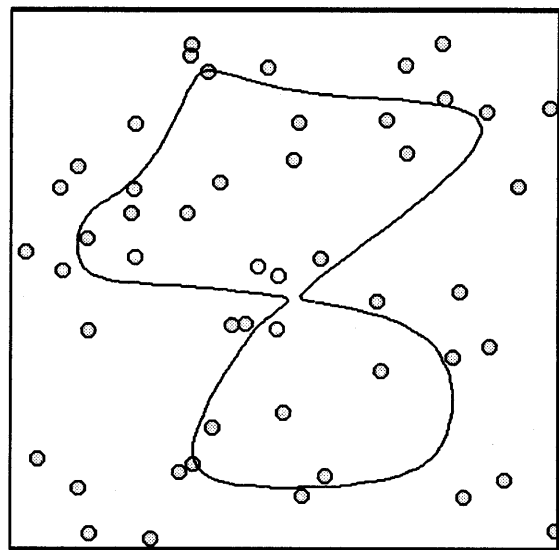
ねじれは、そのねじれている部分の荷重ベクトルの順序付けを変更することで解消する (図 3 (b) 参照)。 □

4. 数 値 実 験

各パラメータは、都市数 $M=50$ 、荷重数の初期値は $K_0=50$ 、最大学習回数 $T_{max}=10000$ 、閾値 $\theta = 0.05$ 、 $\epsilon(0)=0.15$ 、 $\sigma=0.01$ 、 $\epsilon_{max}=0.5$ 、 $\sigma(0)=50$ 、 $s=0.02$ 、 $\alpha(0)=0.5$ 、 $\beta=0.004$ 、 $\alpha_{min}=0$ とした。数値計算はそれぞれ100回試行した結果の平均を示している。図 4 (a) は数値計算に使用した都市配置、および図 4 (b) は数値計算の結果得られた都市間経路の例を示す。図 4 の座標データは、その最

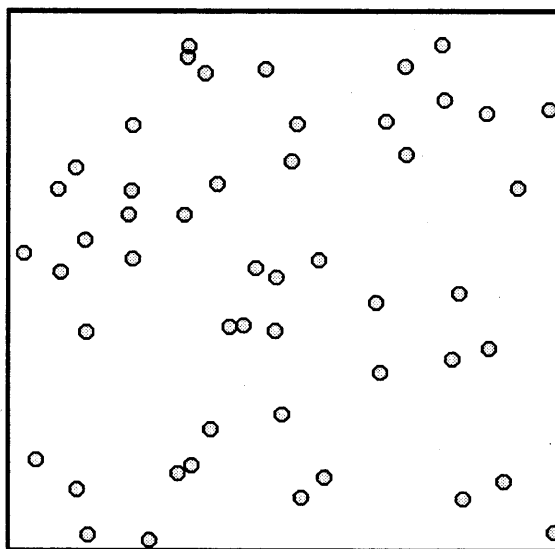


(a) ねじれの発生の例

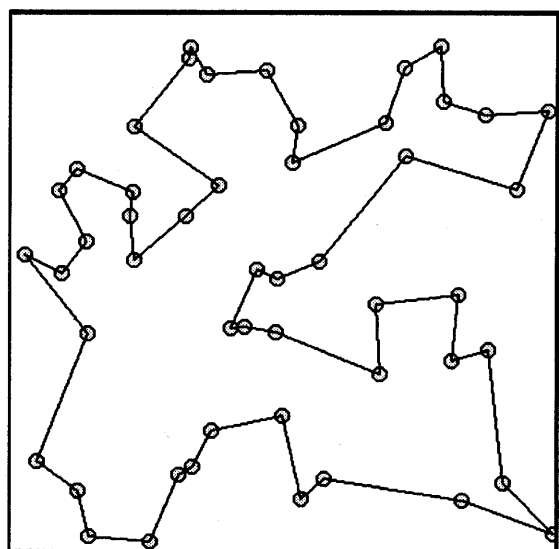


(b) ねじれの解消の例

図 3 ねじれの発生と解消の例。新たな荷重を生成した際に細胞連鎖にねじれが発生する場合がある。そのねじれは、ねじれ解消アルゴリズムを用いて削除する。



(a) 都市配置の例



(b) 都市間経路の例

図 4 都市配置と都市間経路の例。都市数 $M=50$ の都市配置図と、その都市間経路の例を示している。

小値が $(0, 0)$ 、最大値が $(1, 1)$ である。数値計算にあたって、荷重ベクトルの初期値に対する依存性を調べるために、初期の連鎖を、(I) ランダム関数によって配置、(II) 単純生成によって配置、(III) 入力空間の中心 $(0.5, 0.5)$ に半径が 0.3 の環状配置、の 3 つの場合について検討した。

ここで、(II) 単純生成は次の手順で行う。

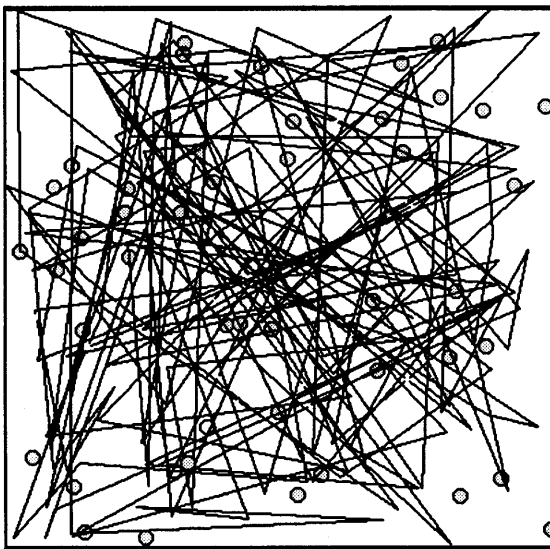
- (i) 初期配置として、2 つの荷重ベクトルを入力空間の中心 $(0.5, 0.5)$ 付近にランダムに配置する。
- (ii) 生成による自己組織化アルゴリズムを用いて、

入力、勝者の荷重、および入力に近い勝者の第 1 近傍の荷重の 3 点を取り、その重心に新たな荷重を 1 つ生成する。

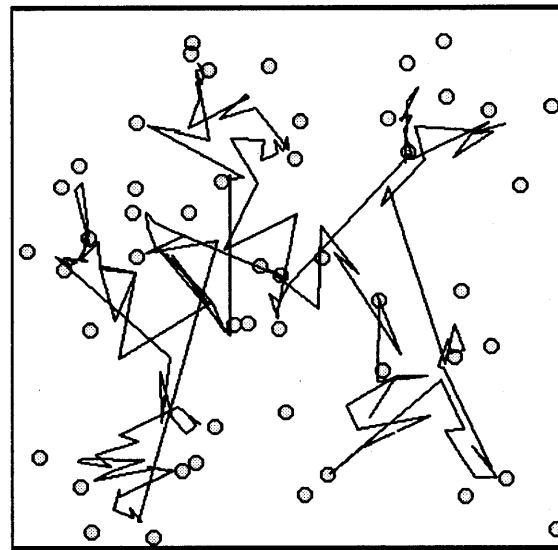
- (iii) 新しく生成した荷重を、既存の連鎖に挿入および結合させる。

- (iv) この作業を $K_0=50$ まで繰り返す。

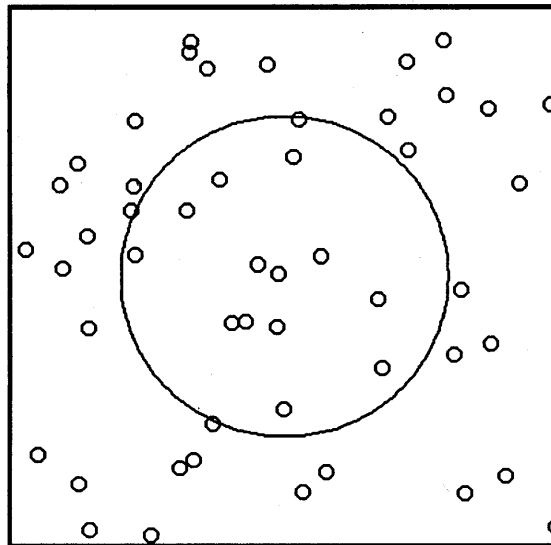
ランダムと単純生成による初期配置は、学習を始める時点ですでにねじれが生じている。よってこれらの初期配置で学習を行う際は、その予備段階としてねじれをとってやる必要がある。このねじれは学習を行うことである程度解消することができるので、



(a) ランダム配置



(b) 単純生成配置



(c) 環状配置

図 5 初期荷重の配置の例。荷重ベクトルの初期値に対する学習の依存性を検討するために (a) ランダム配置、(b) 単純生成配置、(c) および環状配置の 3 種類の初期荷重配置について数値実験を行う。

まず100回程度の学習を行い、大部分のねじれを解消する。それでもとれない場合は、前述のねじれ解消アルゴリズムを用いて解消する。この過程を、生成による自己組織化アルゴリズム Step.A2 の前の段階で行い、その後は通常の学習を進める。図5は、(a) ランダム配置の例、(b) 単純生成配置の例、(c) 環状配置の例をそれぞれ示す。また、表1には従来の手法の場合、表2にはランダム配置(手法I)の場合、表3には単純生成配置(手法II)の場合、表4には環状配置(手法III)の場合について、生成

する荷重ベクトルの数が100, 150, 200および250の場合の学習回数および経路長を示した。学習回数は100回の試行の平均と、その中での最小と最大の学習回数も示している。経路長に関しても同様に100回の試行の平均と、その中での最小と最大の経路長も示している。

従来手法と本手法(I, II, およびIII)を比較して、平均経路長ではほとんど差は出なかった。これは自己組織化そのものもつ近傍の関係により、初期値にはほとんど影響がないものと考えられる。また学習回数に関しては、本手法は従来手法と比較して、かなり少ない学習回数で同程度の精度が得られていることがわかる。これは、生成による影響で学習の初期で荷重の数が少ないからであると考えられる。そして、荷重の配置が終わった後、その状態を維持しながら、およびねじれ解消アルゴリズムを用いて学習を進めていくことにも、学習回数減少の要因があると考えられる。

手法I, II, およびIIIの間に平均経路長に関して大差は見受けられなかった。これは基本的な学習則や生成則が同じであるためだと考えられる。特に手法IおよびIIの結果が手法IIIと同程度なのは、本論文で導入したねじれ解消アルゴリズムの影響が大きいものである。

いずれの場合においても、荷重の最大数が増えるにつれその平均学習回数は少なくなり、一方で都市間の平均経路長は長くなる傾向にある。

5. む す び

巡回セールスマン問題を解くために、生成機構による神経回路網の自己組織化を用いた新たなアルゴリズムを提案した。更に、ねじれを解消するアルゴリズムを導入して、精度の向上を試みた。収束に関して、学習速度の向上および近似解の改善を目的とし、参照ベクトルの初期値に対する学習の依存性を検討した。その結果、50都市という入力データに対し、実用的な時間で比較的安定した結果が得られ、参照ベクトルの初期値が学習に影響することもほとんどなかった。これは自己組織化そのものもつ近傍の関係により、初期値に対してはほとんど影響がでないものと考えられる。また、学習時間に関しては、本手法はかなり少ない時間で従来手法と同程度の精度が得られた。これは、生成による影響で学習の初期の段階で参照ベクトルが少ないからである。学習によりある程度配置が終わった後の状態維持、およびねじれの解消アルゴリズムを用いたこと起因す

表1 従来手法

K_{max}	学習回数			経路長		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
100	7599	9327	10199	5.54	5.81	6.02
150	599	7530	8649	5.61	5.86	8.78
200	1299	6105	7449	5.61	5.96	9.21
250	49	4588	6699	5.63	6.34	9.29

表2 ランダム配置

K_{max}	学習回数			経路長		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
100	4499	5622	6399	5.61	5.82	6.06
150	1799	3825	4999	5.62	5.86	6.25
200	449	2627	3699	5.54	5.87	6.22
250	249	1639	2749	5.60	5.92	6.58

表3 単純生成配置

K_{max}	学習回数			経路長		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
100	4199	5533	6449	5.60	5.83	6.00
150	1449	3819	4749	5.55	5.82	6.19
200	649	2576	3699	5.61	5.88	6.36
250	449	1630	2549	5.70	5.92	6.45

表4 環状配置

K_{max}	学習回数			経路長		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
100	4349	5631	6449	5.59	5.81	6.05
150	299	3819	4749	5.54	5.82	6.43
200	649	2706	3699	5.61	5.82	6.20
250	399	1633	2849	5.63	5.88	6.28

る。提案手法の間の平均経路長に関して大差が見受けられないのは、基本的な学習則や生成則が同じためである。結果として、参照ベクトルの数が増えるにしたがって、平均学習回数は少なくなり、また都市間の平均経路長は長くなる傾向となる。最後に、これらの経路長の改善に関しては、都市数の増加も含めて今後の課題としたい。

参 考 文 献

- 1) T.H. Cormen, C.E. Leiserson, and R.L. Rivest, "Introduction to algorithms," The MIT Press, 1990.
- 2) J. Hertz, A. Krogh, and R.G. Palmer, "Introduction to the theory of neural computation," Addison-Wesley, 1991.
- 3) T. Kohonen, "Self-organizaion and associative memory," Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- 4) B. Angeniol, G. de la C. Vaubois, and J.Y. Le Texier, "Self-organizing feature maps and traveling salesman problem," Neural Networks, vol.1, pp.289-293, 1988.
- 5) J.C. Fort, "Solving combinatorial problem via self-organizing process: An application of Kohonen algorithm to traveling salesman problem," Biol. Cybern., vol.59, pp.33-40, 1988.
- 6) R. Durbin and D. Willshaw, "An analogue approach to the traveling salesman problem using an elastic net method," Nature, vol.326, pp.689-691, 1987.
- 7) 松山泰男, "自己組織化できるニューラルネットとユークリッド空間におけるいろいろな巡回セールスマン問題", 信学論, vol.J74-D-II, pp.416-425, 1991.
- 8) T. Kohonen, "Self-organizing maps," Springer-Verlag, Berlin, 1995.
- 9) D-I. Choi and S-H. Park, "Self-creating and organizing neural networks," IEEE Trans. Neural Networks, vol.5, pp.561-575, 1994.
- 10) Y. Yamada, S. Tazaki, and R. Gray, "Asymptotic performance of block quantizers with difference distortion measures," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.26, pp.6-14, 1980.
- 11) P.L. Zador, "Asymptotic quantization error of continuous signals and the quantization dimension," IEEE Trans. Inform. Theory, vol.28, pp.139-149, 1982.
- 12) H. Ritter and K. Schulten, "On the stationary state of Kohonen's self-organizing sensory mapping," Biol. Cybern., vol.54, pp.99-106, 1986.
- 13) H. Ritter and K. Schulten, "Convergence properties of Kohonen's topology conserving maps: Fluctuations, stability, and dimension selection," Biol. Cybern., vol.60, pp.59-71, 1988.
- 14) 田中利幸, 斎藤正男, "適応的ベクトル量子化法としての Kohonen のモデルの定量的性質," 信学論, vol.J75-D-II, pp.1085-1092, 1992.
- 15) T.M. Martinetz, S.G. Berkovich, and K.J. Schulten, "Neural-gas" network for vector quantization and its application to time-series prediction," IEEE Trans. Neural Networks, vol.4, pp.558-569, 1993.
- 16) M. Maeda, H. Miyajima, and S. Murashima, "Construction of self-organizing algorithms for vector quantization," EEJ John Wiley & Sons, vol.127, pp.47-55, 1999.
- 17) M. Maeda and H. Miyajima, "Competitive learning methods with refractory and creative approaches," IEICE Trans. Fundamentals, vol.E82-A, 1999 in press.

一般論文

ビフィズス菌増殖促進物質の胞合胆汁酸分解酵素に与える影響

笈 木 宏 和
 日 田 麻 衣 子
 執 行 み ち る
 藤 道 治
 森 哲 夫

Effects of Conjugated Bile Salt Hydrogenase Derived from
Bifidobacterium Growth Stimulator

Hirokazu OIKI
 Maiko NITTA
 Michiru SHIGYO
 Michiharu TOH
 Tetsuo MORI

The conjugated bile salt hydrogenase derived from Bifidobacterium was cultivated with different types of growth stimulator. The activity of conjugated bile salt hydrogenase derived from *Bifidobacterium breve* and *adolescentis* was not affected by the growth stimulators used in this experiment. However, the activity of it derived from *Bifidobacterium infantis* and *bifidum* was affected by casein enzymatic hydrolyzate and yeast extract. This result shows that *Bifidobacterium infantis* and *bifidum* grew with different mechanism depending upon the type of growth stimulator.

1. 諸 言

ビフィズス菌はグラム陽性の桿菌であり、人や動物の腸内において、宿主の健康に重要な役割を示す。本菌は成育の過程で乳酸や酢酸を分泌し、腸内のpHを低下させることにより腸の活動を高めたり、病原菌の発育の阻害などを行っている。

さらに、近年の報告によりビフィズス菌の摂取によりコレステロールの吸収が抑制されることが報告されている。これは、ビフィズス菌が有する胞合胆汁酸分解酵素 (Conjugated Bile salt Hydrogenase, BSH) が、コレステロールの吸収を促進さ

せる作用を有する胞合胆汁酸を胆汁酸に分解してしまうためである (図1)^{1)~5)}。

ところで、ビフィズス菌は、その生育のために増殖促進物質と呼ばれる特殊な栄養源が必要とする。代表的なものとしてカゼイン酵素分解物⁶⁾、プロピオン酸菌の培養液⁷⁾など多くの種類が報告されているが、いずれにおいても、その有効成分および作用については明らかにされていない。

現在までのところ、増殖促進物質の研究は菌の生育について検討された物がほとんどであり、増殖における代謝産物の変化について検討されたものはほ

1. Deconjugation

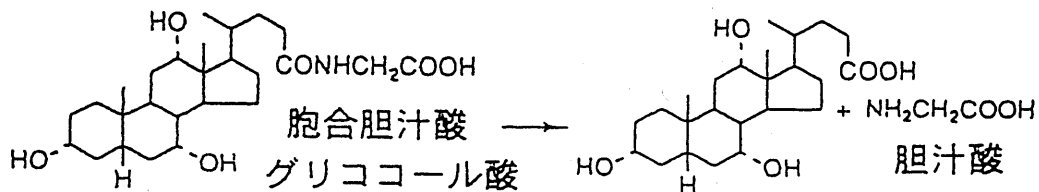


図1 酵素による胞合胆汁酸の分解

とんど存在しない。

微生物においては、培地成分を変化させることにより代謝産物に変化することがよく報告されている。ビフィズス菌の培養において、増殖促進物質の違いにより酵素の分泌量に変化し、胞合胆汁酸分解能力が変化するのではないかという予想の元に、本研究では、増殖促進物質の違いによる胞合胆汁酸分解酵素活性の変化の比較・検討を行った。

2. 実験装置及び実験方法

実験に使用したビフィズス菌の増殖促進物質は、一般的によく知られているカゼイン酵素分解物 (Sigma 社製)、酵母エキス (Difco 社製) および肉エキス (極東製薬社製) に加えて、近年増殖促進作用を有することが確認された天然ゴム漿液の4種類を使用した。

漿液は、腐敗防止のためにアンモニアを添加した天然ゴムラテックスに希硫酸を添加してゴム成分を沈殿させた。残液を No.2 のろ紙でろ過し、水酸化ナトリウムで pH を 7 に調整し、凍結乾燥により水分を蒸発させたものを使用した。

実験に使用したビフィズス菌は人腸内由来である *Bifidobacterium breve* JCM 1192^T, *Bifidobacterium infantis* JCM 1222^T, *Bifidobacterium bifidum* JCM 1254 の3種類を Japan Culture of Microorganism より購入して使用した。菌は、15%グリセロール水溶液中で -80℃ で凍結保存した。実験時には、Thioglycolate 培地 (Difco 社製) にて48時間、嫌気ジャーを用いて嫌氣的に培養することによりリフレッシュを行った。以後、特に記載のない限りビフィズス菌の培養は嫌氣的に行うこととする。

胞合胆汁酸にはグリココール酸 (Sigma 社製) およびタウロコール酸 (Sigma 社製) を使用した。

前培養には Table 1 に示すビフィズス培地を使用した。グルコース、アスコルビン酸およびシステイン塩酸塩はフィルターを用いて無菌的に添加した。

この培地 4 ml にリフレッシュした菌体 0.2 ml を加え、37℃ で24時間培養した。

本培養では、接種時における培地の持ち込みを防ぐために菌体の洗浄を行った。前培養の菌体を 7000 g で10分間遠心分離を行い、得られた菌体ペレットに1%の塩化カリウム水溶液を加え、7000 g で10分間遠心分離を行い、菌体を洗浄した。この操作を2回行った後、1%の塩化カリウム水溶液を加え、菌体を懸濁させたものを使用した。

本培養には、増殖促進物質の検定培地としてよく利用される Bacto-B12 培地を使用した。本培地は微生物が成育する上で必要な栄養源である窒素源、炭素源等を含んでいるが、増殖促進物質を含んでおらず、純粹に促進物質の効果を知ることができる。

この培地 5 ml を沸騰水中で 2 ~ 3 分加熱した後、増殖促進物質 0.05 g を加え、pH を 6.8 に調整した後、121℃ で5分間オートクレーブ滅菌を行った。

培地の冷却後、グリココール酸を全体で 90 mg/l 濃度になるように添加した後、洗浄菌体を 0.2 ml 接種し、37℃ で1日間および4日間培養を行った。

培養終了後、菌体濃度を 562 nm の吸光度を測定し、培養 0 時間のサンプルの測定値を減ずることにより生育した菌の量を求めた。

胞合胆汁酸の分解能の確認には、GILLILAND 等¹⁾の方法を元に薄相クロマトグラフィー (TLC) を用いて行った。培養後の菌を 7000 g で10分間遠心分離を行い、得られた上澄に塩酸を加え、pH を 1 に調整した後、培地と同量の酢酸エチルを加え、胞合胆汁酸および分解により生成した胆汁酸を抽出した。上澄中の酵素は、菌の生育量により増加する事が予想されることから、測定時には菌の濃度の測定値を元に希釈を行い、同量の菌が生産した酵素の活性となるように調整した。

展開溶媒には、酢酸エチル：アセトン：エタノール：シクロヘキサン：酢酸 = 12 : 4 : 2 : 1 : 1 の混合溶液を用いた。

3. 実験結果

3.1 胆汁酸の濃度によるビフィズス菌生育の影響

表 1 に、異なった濃度の胞合胆汁酸を培地に加えたときのビフィズス菌の生育について示す。ただし、ビフィズス菌は *Bifidobacterium bifidum*, 増殖促進物質にはカゼイン酵素加水分解物を使用した。

これより、0.9 ~ 90 mg/l の範囲の濃度においては、胞合胆汁酸の添加によるビフィズス菌の生育に対する影響はほとんど確認されなかった。

そこで、以後の実験は胆汁酸濃度を 90 mg/l にて行うこととした。

3.2 増殖促進物質の違いによる胞合胆汁酸分解酵素活性の変化

表 2 に、各種ビフィズス菌に対する増殖促進物質の種類の相違による胞合胆汁酸分解酵素活性の比較を行った結果を示す。

酵素活性は、分解により減少した胞合胆汁酸の濃

表 1 胞合胆汁酸の濃度における影響

培養期間	胞合胆汁酸濃度 (mg/l)		
	90	9	0.9
3 日	0.2850	0.3820	0.3811
7 日	0.7300	0.4562	0.3012

表 2 各種ビフィズス菌の増殖促進物質に対する影響

菌の種類 <i>Bifidobacterium breve</i>				
培養日数	1 日		4 日	
増殖促進物質	菌の生育	胆汁酸分解能	菌の生育	胆汁酸分解能
カゼイン	2.9508	—	2.1876	++
肉エキス	2.1192	—	2.4120	++
酵母エキス	206232	—	3.4026	++
添加なし	0.3546	—	0.5268	++
菌の種類 <i>Bifidobacterium infantis</i>				
培養日数	1 日		4 日	
増殖促進物質	菌の生育	胆汁酸分解能	菌の生育	胆汁酸分解能
カゼイン	1.2530	+	3.6316	++
肉エキス	2.1182	+	3.5553	++
酵母エキス	1.1788	—	4.1153	+
添加なし	0.7357	—	1.9236	+
菌の種類 <i>Bifidobacterium bifidum</i>				
培養日数	1 日		4 日	
増殖促進物質	菌の生育	胆汁酸分解能	菌の生育	胆汁酸分解能
カゼイン	0.1824	+	0.5076	++
肉エキス	0.3324	±	0.3696	++
酵母エキス	0.2212	+	0.2244	+++
添加なし	0.1266	+	0.0798	+++

酵素活性を+++，++，+，±，-の5段階で評価した。

度を目視により確認し、その濃度に従って+++，++，+，±，-の五段階で評価した。

3.2.1 *Bifidobacterium breve*

いずれの増殖促進物質の添加においても、胆汁酸分解酵素の変化は添加なしの場合に比べて大きな変化は確認されなかった。以上の結果より、本菌に対しては増殖促進物質の違いにおける酵素活性の変化はないものと思われる。

3.2.3 *Bifidobacterium infantis*

カゼインや肉エキスを増殖促進物質として使用した場合、菌のみの場合に比べてある程度有意の胞合

胆汁酸分解活性の増加が確認された。再検討を行ってみたところ、ほぼ同様な結果が得られていることから、本菌は増殖促進物質の違いにより酵素活性が変化することが確認された。

3.2.4 *Bifidobacterium bifidum*

infantis の場合とは逆に、カゼインや肉エキスを増殖促進物質として使用したところ、菌のみの場合に比べて胞合胆汁酸分解活性が減少した。再検討を行ってみたところ、ほぼ同様な結果が得られていることから、本菌は増殖促進物質の違いにより酵素活性が変化することが確認された。

結 論

ビフィズス菌の増殖促進物質についての研究は、現在においても多くの点が解明されておらず、日本を中心に多くの研究者により研究が進められている⁷⁻¹²⁾。

SALAM 等⁸⁾は増殖促進物質の作用起作の特定を行うためのいくつかの検討をカゼイン酵素加水分解物を用いて行った結果、成分中の糖ペプチドが培地中のある種の金属塩の取り込みを補助することにより、菌の生育を促進するらしいということを報告している。

異なる種類の増殖促進物質が上記と同様のメカニズムで菌の生育を促進している場合、菌の生育と共に分泌される酵素の活性は増殖促進物質の種類にかかわらず同程度であることが予想される。*breve*の結果は、この点を支持するものと思われる。

しかし、*infantis* や *bifidum* においては、カゼイン酵素加水分解物や酵母エキスにおいて無添加の物に比べて有意に異なった酵素活性を示している。この結果より、*infantis* や *bifidum* の増殖促進物質に対する作用起作は *breve* のそれとは異なったものであることが予想される。

この点については、さらに異なった種類の増殖促進物質や、別の種類の酵素活性の測定を行うことによりさらなる検討を行う必要があるものと思われる。特に、反応時に金属イオンを要求する酵素の活性に注目する必要があると思われる。

参 考 文 献

- 1) S.E. Gilliland and M.L. Speck, "Deconjugation of Bile Acids by Intestinal Lactobacilli" *Appl. Environ. Microb.*, vol.33, pp.15-18 Jan. 1977
- 2) S.E. Gilliland, C.R. Nelson, and C. Maxwell,

- "Assimilation of Cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*" *Appl. Environ. Microb.*, vol.49, pp.377-381 Feb. 1985.
- 3) Frank A. M. Klaver and Roelof van der Meer, "The Assumed Assimilation of Cholesterol by Lactobacilli and *Bifidobacterium bifidum* Is Due to Their Bile Salt-Deconjugating Activity." *Appl. Environ. Microb.*, vol.59, pp.1120-1124 Apr. 1993
- 4) K. Tahri, J. Crociani, J. Ballongue and F. Schneider, "Effects of three strains of Bifidobacteria on Cholesterol" *Letters in Appl. Microb.*, vol.21, pp.149-151 Mar. 1995
- 5) I De Smet, L. van Hoorde, M. Vande Woestyne, H. Christiaens and W. Verstraete, "Significance of Bile Salt Hydrolytic Activities of Lactobacilli" *J. Appl. Bacteriol.* vol.79, pp.292-301 Mar. 1995
- 6) M. Poch and A. Bezkorovainy, "Bovine Milk k-Casein Trypsin Digest Is a Growth Enhancer for the Genus *Bifidobacterium*" *J. Agric. Food Chem.*, vol.39, pp.73-77 Aug. 1991
- 7) T. Kaneko, H. Mori, M. Iwata and S. Meguro, "Growth Stimulator for Bifidobacteria Produced by *Propionibacterium freudenreichii* and Several Intestinal Bacteria" *J. Daily Sci.* vol.77, pp.393-404 Sep. 1994
- 8) Salam A. Ibrahim and Anatony Bezkorovainy, "Growth-promoting Factors for *Bifidobacterium longum*" vol.59, pp.189-191 1994
- 9) H.W. Modler, R.C. McKellar and M. Yaguchi, "Bifidobacteria and Bifidogenic Factors" *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, vol.23, pp.29-41 1990
- 10) A. Ishizaki, "Natural Rubber Serum that Contains a Special Growth Promoter for *Bifidobacterium*" *Biosci. Biotech. Biochem.*, vol.59, pp.1150-1151 Nov. 1995
- 11) H. Oiki, K. Sonomoto and A. Ishizaki, "Growth Stimulation Effects of Natural Rubber Serum on *Bifidobacterium bifidum*" vol.82, pp.165-167 May 1996
- 12) K. Sonomoto, S. Etoh, H. Oiki and A. Ishizaki, "Growth-Stimulation of *Bifidobacterium* by Natural Rubber Serum Powder" *Ann. N.Y. Acad. Sci.* vol.864, pp.502-505 Dec 1998

一般論文

ひ化コバルト系化合物の熱分解によって生じる
ひ素ガスの平衡蒸気圧の測定重 松 浩 気
久 保 甚 一 郎
馬 越 幹 男

Measurements of Equilibrium Vapor Pressure of As-Co Compounds

Koki SHIGEMATSU
Jinichiro KUBO
Mikio UMAKOSHI

It was found from a gravimetric and a X-ray analysis that CoAs_2 and CoAs_3 compounds were dissociated, and the As_4 gas was formed according to the reaction (1) over 873 K and the reaction (2) over 773 K, respectively.



Equilibrium vapor pressures of arsenic gas formed by above reactions were measured in the temperature range from 907 to 1018 K for CoAs_2 and from 762 to 880 K for CoAs_3 using the Knudsen technique. The relationships between logarithm of equilibrium vapor pressures and a reciprocal of temperatures for each compounds were represented as follows.

$$\text{CoAs}_2: \log P_e = -8721.1/T + 5.87 \quad (3)$$

$$\text{CoAs}_3: \log P_e = -4964.6/T + 2.45 \quad (4)$$

Furthermore, average vaporization coefficients for CoAs_2 and CoAs_3 compounds were estimated to be 4.75×10^{-4} and 4.50×10^{-4} , respectively.

From the results obtained in these experiments, the standard free energy change, ΔG° of the reactions (1) and (2) can be expressed as following equations of (5) and (6), respectively.

$$\Delta G^\circ(1)/\text{J} = -166903.8 + 112.4T \quad (5)$$

$$\Delta G^\circ(2)/\text{J} = -95058.0 + 46.91T \quad (6)$$

1. はじめに

金属の原料である鉱石、なかでも非鉄鉱石には少量であるが必ずひ素が含有されている。今回蒸気圧測定の対象とするひ化コバルトは、特に銅鉱石に含有されており問題になっている。つまり、製錬プロセスでは、ひ素は固相、液相そして気相のどの相にも存在し、温度や雰囲気中の酸素分圧などによって酸化数が+3価にも+5価にもなるという特異で複雑な挙動をする。

また、ひ素が製錬プロセスで除去されずに粗金属中に移行すると、後工程で脱ひ素を行うことは不可能であり、微量の不純物ひ素は金属の機械的、電気的性質を極度に劣化させる。また、ひ素が工場外に廃ガスとして排出されれば環境汚染や公害の原因に

なる。さらに、ひ素はGaAs化合物半導体としての有効利用も考えられる。製錬中のひ素の挙動のコントロール、廃ガス中のひ素の完全な捕獲などの問題を解決するためには、ひ素化合物に関する熱力学的な基礎データの集積が重要である。

ひ素化合物は一般に比較的低温で熱分解しやすく、ひ素を含む蒸気を生成するという最も化学的な特徴を利用すれば、ひ素化合物の平衡蒸気圧の測定が可能である。そこで著者等は、ひ素の製錬プロセスにおける複雑な挙動を解明することを目的に、これまでひ素化合物の平衡蒸気圧を測定し、得られたデータをもとに熱力学的データの集積を行ってきた¹⁾。今回は CoAs_2 および CoAs_3 化合物の熱分解によって生じるひ素ガスの平衡蒸気圧を測定したので報告する。

2. 測定原理およびクヌーゼンセル

2.1 クヌーゼン法による平衡蒸気圧測定の原理

平衡蒸気圧を測定する方法はいくつかあるが²⁾、本実験では、動的法として精度が高いと言われているクヌーゼン法を用いた。測定原理は気体分子運動論に基づいており、平衡蒸気圧 P_0 は (1) 式によって計算される。

$$P_0 = \frac{\dot{m}}{44.33K} \cdot \left(\frac{T}{M}\right)^{1/2} \cdot \left(1 + \frac{K \cdot a}{\alpha \cdot A}\right) \quad (1)$$

ここで、 \dot{m} ：蒸気が拡散によりオリフィスから単位面積、単位時間あたりに流出する質量 ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)、 K ：クラウジング係数 (-)、 T ：絶対温度 (K)、 M ：気体分子の分子量、 a ：オリフィス断面積 (cm^2)、 A ：セル試料室の内断面積 (cm^2)、 α ：蒸発係数 (-) である。

(1) 式で問題になるのは、 CoAs_2 と CoAs_3 の蒸発係数 α の値が未知であることである。蒸発係数値は物質によって異なるばかりでなく、同一物質でも試料の状態が粉末かブロックか、粉末でも粒子の大きさや製造履歴などによっても異なる。つまり蒸発係数は、物質から蒸発成分が切断され分子を形成し離脱するまで試料の表面性状や物理化学的因子の影響

を受けた値になる。本実験では、同一の市販の試薬特級 (純度 99.999%) 粉末を用い、次節で説明するクラウジング係数の異なった 2 つのセル K (1) と K (2) を使用して蒸気圧を測定し、(2) 式に示すように同一温度では平衡蒸気圧 P_0 と蒸発係数 α が等しいことを利用して α を推算した。

$$\begin{aligned} \frac{\dot{m}}{44.33K(1)} \cdot \left(\frac{T}{M}\right)^{1/2} \cdot \left(1 + \frac{K(1) \cdot a}{\alpha \cdot A}\right) \\ = \frac{\dot{m}}{44.33K(2)} \cdot \left(\frac{T}{M}\right)^{1/2} \cdot \left(1 + \frac{K(2) \cdot a}{\alpha \cdot A}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

また、蒸気種は CoAs_2 および CoAs_3 の場合ひ素 As が単原子ガスか多原子ガスかによって (1) 式中の分子量 M の値が異なるが、1073K 以下の温度範囲であればひ素の蒸気種はひ素原子の 4 量体、すなわち As_4 であることが知られている³⁾。本実験では CoAs_2 および CoAs_3 試料とも測定温度が 762~1018 K の範囲なので分子量はひ素原子量の 4 倍とした。

2.2 クヌーゼンセル

本実験では平衡蒸気圧をクヌーゼン法で測定する。この方法では蓋部に小孔 (オリフィス) を持つ容器、セルが必要である。本実験では高純度グラファイト

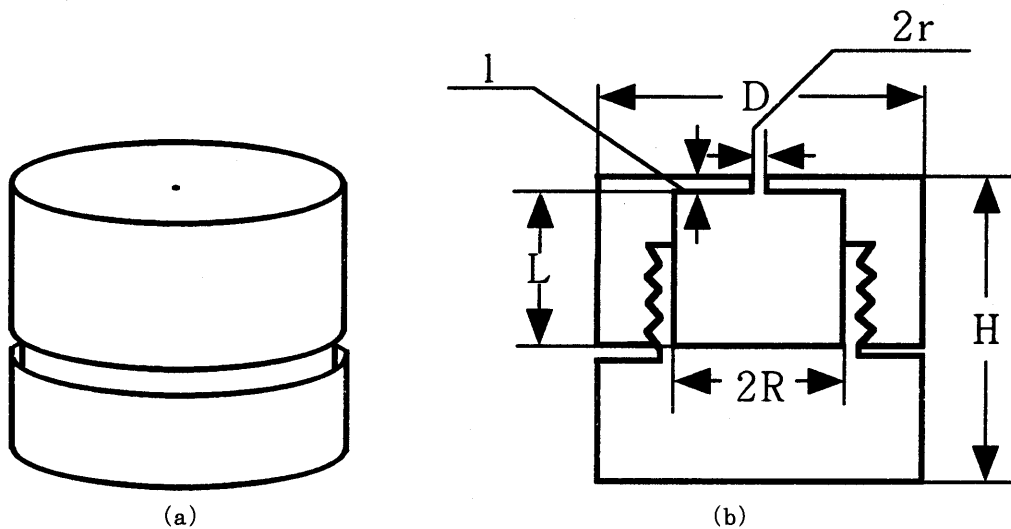


図 1 クヌーゼンセルの (a) 外観および (b) 断面の概略図

表 1 本実験で用いた三つのクヌーゼンセルの寸法とクラウジング係数

セル	r(mm)	l(mm)	R(mm)	D(mm)	H(mm)	クラウジング係数, K
セル A	0.249	2.027	3.50	15.0	13.0	0.224
セル B	0.251	1.367	3.50	15.0	13.0	0.295
セル C	0.164	0.902	3.50	15.0	13.0	0.293

製（東海カーボン社製，灰分<0.002%）セルを使用した。図1にセルの概略図を，表1にはクラウジング係数が異なる3個のセルの各部の寸法を示した。前節で述べたようにクラウジング係数が異なる2個のセルを組み合わせて同一温度で蒸気圧を測定し， CoAs_2 および CoAs_3 試料の蒸発係数 α を算定する。これら3個のセルの共通点は，円筒形試料室の直径 ($2R$) と高さ (H) とが等しいライトシリンダー型になっていること，および円管状のオリフィスが蓋部に付いていることである。さて，セル内が平衡蒸気圧に達し気体分子が円管状チャンネルから拡散流出する時，一部の分子がチャンネル壁に衝突しセル内部にもどる。これを補正するのがクラウジング係数であるが，この値は (3) と (4) 式に示した kennard の式⁴⁾ により算出した。

$$\frac{l}{r} = 0 \sim 1.5 \quad K = \frac{1}{1 + 0.5(l/r)} \quad (3)$$

$$\frac{l}{r} > 1.5 \quad K = \frac{1 + 0.4(l/r)}{1 + 0.95(l/r) + 0.15(l/r)^2} \quad (4)$$

3. 測定装置および方法

セル内に CoAs_2 および CoAs_3 粉末試料をともに 20mg 精秤し，底部に押さえ付けながら均一に入れる。このセルを図2に示ように島津製作所製熱天秤装置に吊り下げて設置し，天秤を電氣的にバランスさせた後，系内全体が真空度 2×10^{-5} torr に到達するまで真空に引く。真空引きを続けながら赤外線加熱炉を測定温度まで昇温する。温度が一定になったことを確認して熱天秤を作動させ，オリフィスから気体分子が流出するときの重量減少をチャート上に記録させる。重量減少曲線はどの温度でも測定し始めて約 5 min はおおむね曲線であるが，以後は時間に対し直線的に変化する。一つの測定温度に対して直線となる約 30min を測定時間とした。その後，次の測定温度に移行し同様な操作を行った。(1) 式中の m は (5) 式により算出した。

$$m = \frac{\text{測定時間における重量減少量 (g)}}{\text{オリフィス断面積 (cm}^2\text{)} \times \text{測定時間 (s)}} \quad (5)$$

試料の温度はセル直下に設置した補正アルメル・クロメル熱電対で測定し，測定中は自動温度制御装置により $\pm 0.5\text{K}$ 以内の精度で一定に保持した。重量変化はチャート上の 1 目盛 (2.5mm 間隔) が 0.22 mg に相当する感度で行った。

CoAs_2 および CoAs_3 化合物のどの温度範囲が平衡蒸気圧測定に適しているかを検討するため，図2に示した熱天秤装置を用いて両化合物の熱重量分析を行った。この予備実験結果を図3に示す。これより， CoAs_2 は約 823K から， CoAs_3 は約 773K から急激に熱分解を開始することが分かる。クヌーゼン

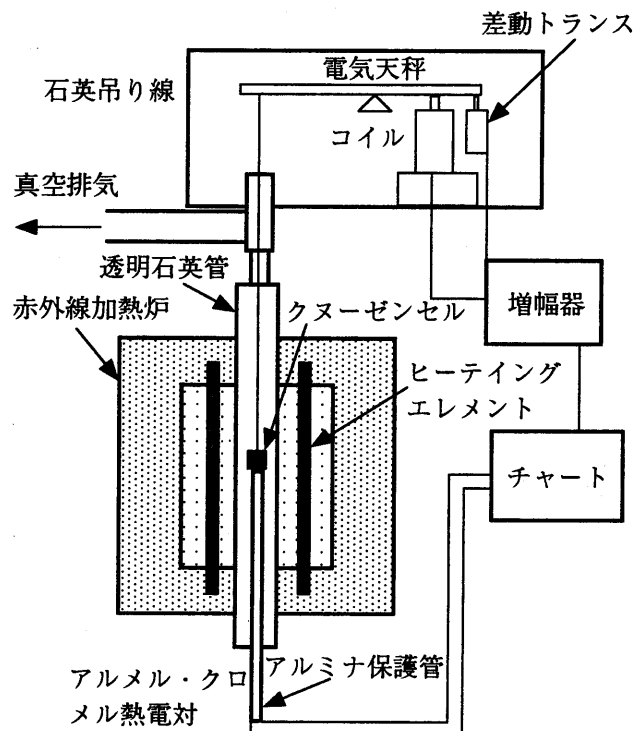


図2 クヌーゼン法による平衡蒸気圧測定に用いた熱重量分析装置

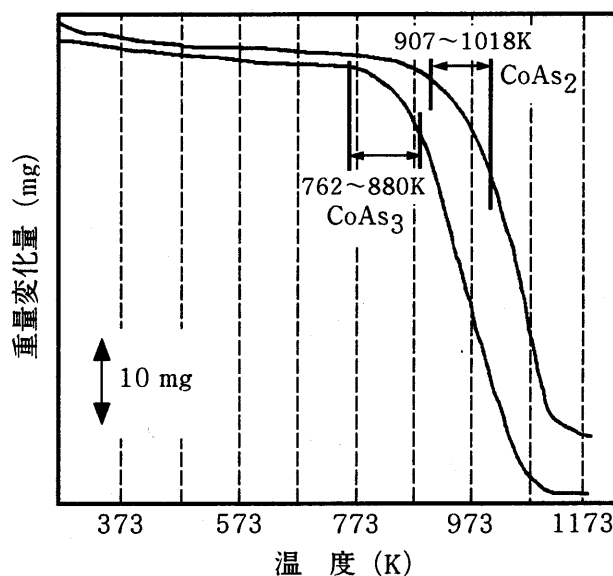


図3 CoAs_2 および CoAs_3 化合物の熱重量分析結果 (真空度 2×10^{-5} torr)

セル法は m が小さすぎても、またセル内が過飽和になるような大きな値になっても精度が良くないと言われている。この点を考慮し、図3中に縦線で示したように CoAs_2 は907~1018K, また CoAs_3 は762~880K の温度範囲で測定することにした。

4. 実験結果

4.1 熱分解反応式の決定

CoAs_2 および CoAs_3 のそれぞれの熱分解反応式は X 線回折分析により決定した。図2の熱天秤装置

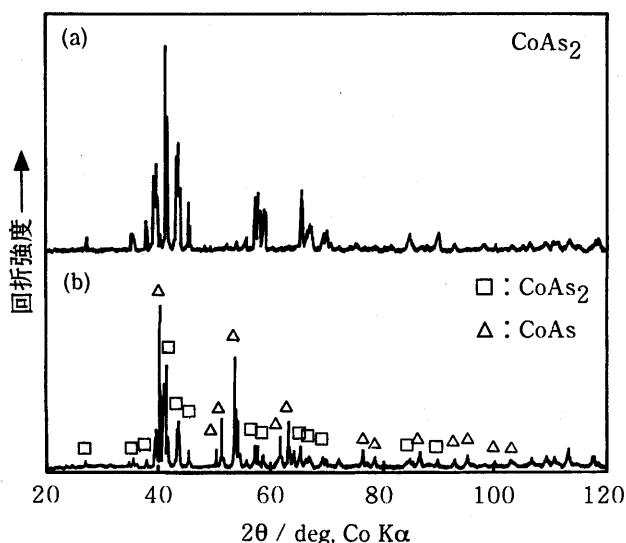


図4 CoAs_2 化合物の熱重量分析前後の X 線回折図形
(a) 熱重量分析前, (b) 熱重量分析後

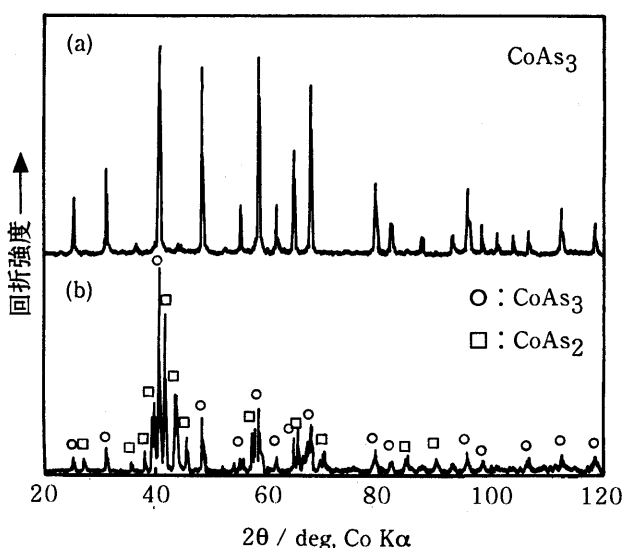
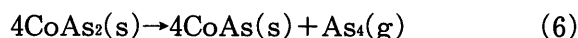


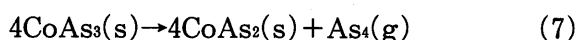
図5 CoAs_3 化合物の熱重量分析前後の X 線回折図形
(a) 熱重量分析前, (b) 熱重量分析後

置を用い、クヌーゼンセルに入れたそれぞれ両試料を前述の実験条件や実験方法とまったく同じにしてセル内で熱分解させる。熱分解させる前の両試料の X 線回折ピークを図4(a)と図5(a)に示すが、これらは ICDD カードにより CoAs_2 および CoAs_3 化合物の回折ピークと一致することが確認されている。

CoAs_2 の場合、923K で2hr 熱分解させたが、その後のセル内の残査の X 線回折分析結果を図4(b)に示す。図4(b)の結果には、未分解の CoAs_2 および CoAs の回折ピークのみが観察される。これより CoAs_2 化合物の熱分解反応は次の(6)式で表わされると推定した。



CoAs_3 の場合、783K で2hr 熱分解させセル内の残査の X 線回折分析を行った。その結果を図5(b)に示した。図5(b)より未分解のままセル内に残った CoAs_3 の回折ピークと分解して生成したと思われる CoAs_2 の回折ピークが観察される。したがって CoAs_3 の熱分解反応式は以下に示す(7)式と考えられる。



4.2 平衡蒸気圧の測定結果

平衡蒸気圧の測定実験でクラウジング係数が異なるクヌーゼンセル A, B および C を使って各温度で得られた流出速度, m の測定値を後述の平衡蒸気圧の値とともに CoAs_2 の場合表2, 3 および4に,

表2 CoAs_2 化合物の流出速度 m と平衡蒸気圧 P_0 の測定値 (セルAの場合)

温度 (K)	$m(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	$P_0(\text{atm})$
907	3.47×10^{-4}	2.07×10^{-4}
919	3.47×10^{-4}	2.08×10^{-4}
929	4.76×10^{-4}	2.87×10^{-4}
936	5.50×10^{-4}	3.32×10^{-4}
948	6.60×10^{-4}	4.01×10^{-4}
958	7.70×10^{-4}	4.71×10^{-4}
970	9.54×10^{-4}	5.87×10^{-4}
977	1.23×10^{-3}	7.59×10^{-4}
987	1.65×10^{-3}	1.03×10^{-3}
999	2.13×10^{-3}	1.33×10^{-3}
1008	2.75×10^{-3}	1.73×10^{-3}
1018	3.62×10^{-3}	2.28×10^{-3}

表 3 CoAs₂ 化合物の流出速度 \dot{m} と平衡蒸気圧 P_e の測定値 (セル B の場合)

温度 (K)	$\dot{m}(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	$P_e(\text{atm})$
907	3.78×10^{-4}	2.12×10^{-4}
917	4.51×10^{-4}	2.54×10^{-4}
926	4.69×10^{-4}	2.65×10^{-4}
936	5.96×10^{-4}	3.39×10^{-4}
946	7.77×10^{-4}	4.44×10^{-4}
955	9.57×10^{-4}	5.50×10^{-4}
965	1.12×10^{-3}	6.47×10^{-4}
975	1.74×10^{-3}	1.01×10^{-3}
984	2.01×10^{-3}	1.17×10^{-3}
996	2.50×10^{-3}	1.46×10^{-3}
1006	3.09×10^{-3}	1.82×10^{-3}
1016	3.35×10^{-3}	1.98×10^{-3}
1008	2.75×10^{-3}	1.63×10^{-3}
1018	3.62×10^{-3}	2.15×10^{-3}

表 5 CoAs₃ 化合物の流出速度 \dot{m} と平衡蒸気圧 P_e の測定値 (セル A の場合)

温度 (K)	$\dot{m}(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	$P_e(\text{atm})$
793	3.17×10^{-4}	1.47×10^{-4}
798	3.84×10^{-4}	1.83×10^{-4}
805	3.84×10^{-4}	1.83×10^{-4}
810	4.39×10^{-4}	2.10×10^{-4}
812	4.21×10^{-4}	2.01×10^{-4}
820	4.21×10^{-4}	2.02×10^{-4}
824	4.76×10^{-4}	2.29×10^{-4}
829	6.23×10^{-4}	3.01×10^{-4}
834	5.86×10^{-4}	2.84×10^{-4}
836	5.86×10^{-4}	2.84×10^{-4}
844	6.60×10^{-4}	3.21×10^{-4}
848	6.60×10^{-4}	3.22×10^{-4}
853	8.25×10^{-4}	4.04×10^{-4}
858	9.35×10^{-4}	4.56×10^{-4}
863	1.01×10^{-3}	4.97×10^{-4}
868	1.19×10^{-3}	5.89×10^{-4}
873	1.30×10^{-3}	6.46×10^{-4}
877	1.39×10^{-3}	6.93×10^{-4}

表 4 CoAs₂ 化合物の流出速度 \dot{m} と平衡蒸気圧 P_e の測定値 (セル C の場合)

温度 (K)	$\dot{m}(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	$P_e(\text{atm})$
917	8.87×10^{-4}	2.82×10^{-4}
926	9.29×10^{-4}	2.97×10^{-4}
936	1.10×10^{-3}	3.53×10^{-4}
948	1.27×10^{-3}	4.10×10^{-4}
958	2.03×10^{-3}	6.60×10^{-4}
967	2.16×10^{-3}	7.05×10^{-4}
977	2.37×10^{-3}	7.78×10^{-4}
987	2.84×10^{-3}	9.36×10^{-4}
999	3.86×10^{-3}	1.28×10^{-3}
1008	4.50×10^{-3}	1.50×10^{-3}
1018	6.61×10^{-3}	2.21×10^{-3}

表 6 CoAs₃ 化合物の流出速度 \dot{m} と平衡蒸気圧 P_e の測定値 (セル B の場合)

温度 (K)	$\dot{m}(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	$P_e(\text{atm})$
762	3.96×10^{-4}	1.70×10^{-4}
767	3.06×10^{-4}	1.31×10^{-4}
781	3.06×10^{-4}	1.33×10^{-4}
786	3.06×10^{-4}	1.33×10^{-4}
788	3.06×10^{-4}	1.34×10^{-4}
793	3.78×10^{-4}	1.66×10^{-4}
798	3.78×10^{-4}	1.66×10^{-4}
805	4.15×10^{-4}	1.83×10^{-4}
810	4.51×10^{-4}	1.99×10^{-4}
815	4.33×10^{-4}	1.92×10^{-4}
817	4.69×10^{-4}	2.08×10^{-4}
822	4.87×10^{-4}	2.17×10^{-4}
827	5.77×10^{-4}	2.58×10^{-4}
834	6.50×10^{-4}	2.92×10^{-4}
839	6.86×10^{-4}	3.09×10^{-4}
846	5.59×10^{-4}	2.53×10^{-4}
851	6.32×10^{-4}	2.87×10^{-4}
856	5.62×10^{-4}	2.56×10^{-4}
858	7.58×10^{-4}	3.45×10^{-4}
863	1.23×10^{-3}	5.61×10^{-4}
868	1.27×10^{-3}	5.80×10^{-4}
875	1.30×10^{-3}	5.98×10^{-4}
880	1.34×10^{-3}	6.17×10^{-4}

表7 CoAs₃化合物の流出速度 \dot{m} と平衡蒸気圧 P_e の測定値 (セルCの場合)

温度 (K)	$\dot{m}(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	$P_e(\text{atm})$
786	8.44×10^{-4}	2.18×10^{-4}
791	8.02×10^{-4}	2.07×10^{-4}
796	8.02×10^{-4}	2.08×10^{-4}
800	8.44×10^{-4}	2.20×10^{-4}
805	7.17×10^{-4}	1.87×10^{-4}
810	8.02×10^{-4}	2.10×10^{-4}
815	1.01×10^{-3}	2.66×10^{-4}
822	1.10×10^{-3}	2.90×10^{-4}
827	1.06×10^{-3}	2.79×10^{-4}
829	1.06×10^{-3}	2.80×10^{-4}
834	1.10×10^{-3}	2.92×10^{-4}
841	9.71×10^{-4}	2.59×10^{-4}
846	1.10×10^{-3}	2.94×10^{-4}
851	1.27×10^{-3}	3.40×10^{-4}
856	1.27×10^{-3}	3.41×10^{-4}
860	2.03×10^{-3}	5.48×10^{-4}
865	2.20×10^{-3}	5.96×10^{-4}
870	2.33×10^{-3}	6.32×10^{-4}
875	2.67×10^{-3}	7.26×10^{-4}
880	2.50×10^{-3}	6.82×10^{-4}

表9 (2)式より算出したCoAs₃の蒸発係数

セルの組み合わせ	温度 (K)	蒸発係数 ($\times 10^4$)
A と B	793	3.56
	805	6.05
	810	2.19
	834	9.03
	868	4.57
A と C	805	5.06
	810	5.97
	829	1.01
	834	4.91
B と C	805	5.36
	810	4.61
	822	4.39
	827	3.95
	834	6.01
	846	2.51
	851	2.12
	856	4.34
	875	1.78
	880	3.49
平均値		4.50

表8 (2)式より算出したCoAs₂の蒸発係数

セルの組み合わせ	温度 (K)	蒸発係数 ($\times 10^4$)
A と B	907	6.98
	936	6.47
	1018	0.76
A と C	936	2.85
	948	4.02
	977	3.91
	987	9.21
	999	6.34
	1018	5.92
B と C	917	2.48
	926	2.35
	936	3.76
	1008	7.19
	1018	3.97
平均値		4.75

CoAs₃の場合表5, 6および7に示した。これらの値から平衡蒸気圧を算出するためには、まず(2)式で計算して得られるCoAs₂およびCoAs₃化合物の蒸発係数 α をそれぞれ求めなければならない。同一温度で測定した2つのセルを組み合わせ(2)式より算出したCoAs₂の蒸発係数値を表8に、CoAs₃の値を表9に示した。佐多⁵⁾によると一般に蒸発係数は $1 \sim 10^{-6}$ の広い範囲の値をとり、温度が高くなるほど大きな値になることが報告されている。本実験結果を見ると、蒸発係数の値はCoAs₂の場合 $0.76 \times 10^{-4} \sim 9.21 \times 10^{-4}$ の、CoAs₃の場合 $1.78 \times 10^{-4} \sim 9.03 \times 10^{-4}$ の範囲にあり、いずれも 10^{-4} のオーダーを示した。一方、両化合物とも温度に対して蒸発係数はばらばらの値を示しているが、温度依存性が認められなかった理由については、蒸気圧の本測定値の精度を含めて今後検討する必要がある。平衡蒸気圧を(1)式により算出するために用いた蒸発係数の値としては、表8と表9の値をそれぞれ平均した値、CoAs₂には 4.75×10^{-4} を、CoAs₃には 4.50×10^{-4} をどの温度に対しても適用した。

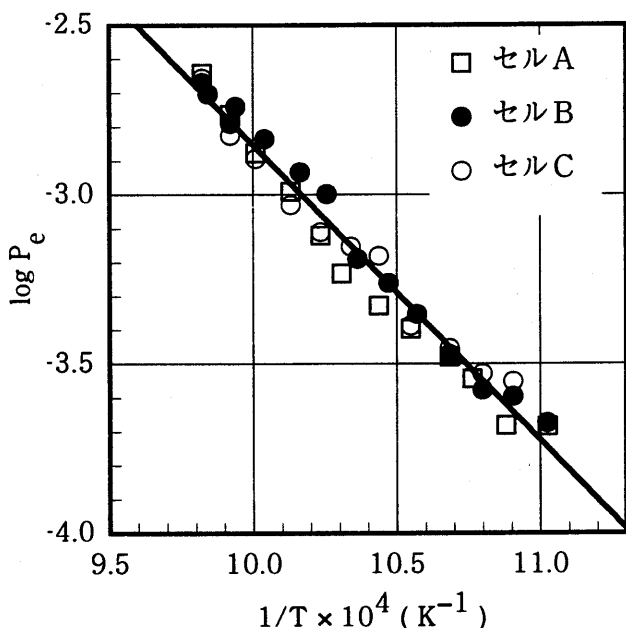


図 6 CoAs₂ 化合物の平衡蒸気圧と温度の関係

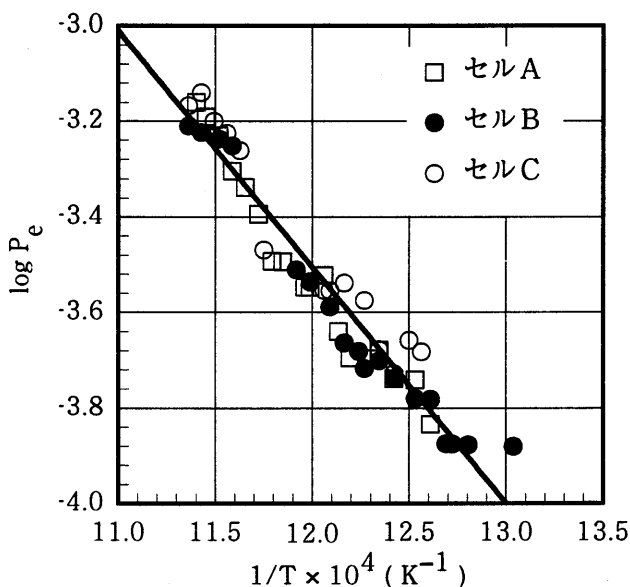


図 7 CoAs₃ 化合物の平衡蒸気圧と温度の関係

表 10 熱分解反応 (6) と (7) 式に伴うエンタルピー変化 ΔH^0 とエントロピー変化 ΔS^0

熱分解反応	ΔH^0 (kJ)	ΔS^0 (J/K)
反応(6)	166.90	112.39
反応(7)	95.06	46.91

測定した CoAs₂ と CoAs₃ の平衡蒸気圧 P_e (atm) は、これら蒸発係数の平均値を使って算出した。得られた P_e の値はそれぞれ前出の表 2, 3, 4 と表 5, 6, 7 に示している。これら P_e 値の対数と測定温度の逆数, $1/T$ (K^{-1}) との関係性を, セル A, B, C ごとにプロットした。図 6 に CoAs₂ の結果を, 図 7 に CoAs₃ の結果を示した。両図から, $\log P_e$ と $1/T$ の関係はともに良好に直線関係を満足していることが分かる。両図とも, 全プロットを最小自乗法で処理し, 以下の (8) と (9) 式で表わされる平衡蒸気圧と温度との関係式を得た。

$$\text{CoAs}_2, 907 \sim 1018\text{K} \\ \log P_e = -8721.1/T + 5.87 \quad (8)$$

$$\text{CoAs}_3, 762 \sim 880\text{K} \\ \log P_e = -4250.2/T + 1.58 \quad (9)$$

5. 考 察

両試料とも熱分解反応 (6) および (7) 式から分かるように独立成分が二つ, 相が三つであるから自由度は 1 であり, 温度が決まれば気相の圧力が固定される。さらに, 平衡蒸気圧 P_e は (6) と (7) 式の平衡定数 K と等しいことから, Gibbs-Helmholtz の式を利用すれば (10) と (11) 式の関係式が得られる。

$$\Delta G^0 = -RT \ln K \quad (10)$$

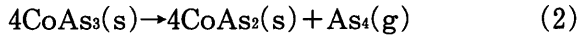
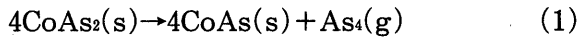
$$\ln K = \ln P = -\Delta H^0/RT + C \quad (11)$$

ここで, ΔG^0 は (6) と (7) 式の標準自由エネルギー変化 (J), P は気相の平衡蒸気圧 (atm), ΔH^0 は (6) と (7) 式の平均の標準エンタルピー変化 (J), R は気体定数 ($J/K \cdot \text{mol}$), C は積分定数である。(11) 式と本実験で得られた (8) と (9) 式を比較すると両者はまったく同形であることが分かり, (8) と (9) 式の $1/T$ 項からそれぞれ (6) と (7) 式の熱分解反応の標準エンタルピー変化, つまり標準反応熱が得られる。また, (10) 式より (6) と (7) 式の標準自由エネルギー変化の温度式が得られ, その温度項から標準エントロピー変化 ΔS^0 が算出される。得られたこれらの熱力学的数値をまとめて表 10 に示した。表 10 中のデータについてその精度を検討することは出来ない。ひ素化合物の熱力学的データについては他の研究者の報告はほとんど無いので, 比較検討することができないからである。

6. ま と め

CoAs₂ および CoAs₃ 化合物は, それぞれ 873K 付

近および773K付近からそれぞれ(1)と(2)式にしたがって熱分解反応を開始することが、熱重量分析やX線回折分析により判明した。



(1)と(2)式の熱分解反応により生成される As_4 ガスの平衡蒸気圧を高純度グラファイト製セルを使用してクヌーゼン法で測定し、(3)と(4)式で表わされる平衡蒸気圧と温度との関係式を得た。

$$\begin{aligned} &\text{CoAs}_2, 907 \sim 1018\text{K} \\ &\log P_e = -8721.1/T + 5.87 \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{CoAs}_3, 762 \sim 880\text{K} \\ &\log P_e = -4250.2/T + 1.58 \quad (4) \end{aligned}$$

さらに、クラウジング係数が異なる三つのセルで蒸気圧を測定することにより、 CoAs_2 および CoAs_3 化合物の蒸発係数の値はともに 10^{-4} オーダーの小さな値であることが判明した。

参 考 文 献

- 1) Koki Shigematsu: Met. Rev. of MMIJ, 3 (1986) 49.
- 2) 日本化学会：新実験化学講座2，基礎技術1 熱・圧力，丸善，(1977) 333.
- 3) 例えば，K.K. Kelly: Bull. U.S. Bur. Mines, 383 (1935) 206.
- 4) E.H. Kennard: Kinetic Theory of Gases, McGraw-Hill, (1938) 306.
- 5) 佐多敏之：固体の関与する無機反応，日本化学会編，化学総説，No.9，(1975) 130.

一般論文

実用英語技能検定試験についての考察

— 単位認定の論議を踏まえて —

江 島 孝 則

A Study on the Standard Test for English Proficiency
— As of the Controversial Credits Given for Certificates of STEP —

Takanori ESHIMA

The aim of this paper is to discuss whether certification on the Standard Test of English Proficiency (STEP) should be approved as applicable towards class credit at Kurume National College of Technology.

My approach to the issue is from a variety of aspects; the point of view of educators, the contents and validity of the tests, the present educational perspectives, student opinion as judged from responses to questionnaires and so on.

Some schools and universities have already qualified some levels of certification on STEP as applicable towards class credit. It is controversial among the staff of our English division whether we should likewise allow some levels of STEP as credit for required subjects in the course of study.

My conclusion is that further discussion and research is necessary, therefore it may be too early to implement such accreditation.

1. はじめに

本校では過去4年間、実用英語技能検定試験の準会場校として学生に受験を奨励してきた。それ以前には受験する学生の数は年間10名程度であったのが、ここ4年は大幅に増加した。この英検で取得した資格や工業英検で取得した資格を本校の単位に認定してはという論議が起こっている。背景は1994年7月に文部省が出した指針の中で技能審査で取得した資格や点数を高等学校での単位に認定する為のガイドラインに関係する。その後、多くの高等学校、高等専門学校、短期大学、大学等で実用英検を単位として認定するところが出てきた。高専でもすでに32校が何らかの形で実用英検で得た資格を単位に認定している。

単位として認定するには、いろいろな問題があるように思われる。本校での準会場校としての経験や、受験した学生達の英語学習への効果を検討したり、受験の現状、さらに単位として認定することの是非、学生に対して実施したアンケート結果の分析等を参考にし実用英語技能検定試験の功罪について考察する。

2.1 実用英語技能検定試験（実用英検）とは

日本英語検定協会（財団法人）が実施しているもので英検として一般に知られている実用英語技能検定試験（STEP）について論議したい。これは文部省認定の技能試験であり、35年の歴史を持ち、初回からの志願者総数は平成11年3月現在延べ5,300万人を数えた。

一般的に英検と呼ばれるものは、これ以外にも幾つかあり実施団体、その目的なども様々である。現在、企業などで評価が高いのは、TOEIC（Test of English for International Communication）である。米国のETS（Educational Testing Service）という公共機関によって世界50ヶ国で実施されていて、日本では定期公開テストは年6回、40都市で実施されている。特徴はある得点に達すれば合格とか、達しなければ不合格という種類のものではなく、英語のコミュニケーション能力がどれくらいあるかをスコアによって示すものである。内容はビジネスマン向けでありリスニングを重視し、仕事や社会生活に密着した英語能力を見るものである。

工業英検（English Technical Writing Test）は、工業英語の分野で信頼のおける公的な資格検定試験を求める声があり、昭和56年にスタートした。工業英語は一般英語の延長線上にあり、産業界で望

資料(1)

平成9年度からリニューアルされた実用英検の各級のレベルは次のようである¹⁾。

各級の程度と内容

- 1級 大学卒業程度で、大学生(上級)や社会人に適当。一次試験(筆記100分+リスニング30分)と、二次試験(個人面接約10分)があり、広く社会で通用する高度な英語力が要求される。
- 準1級 大学2年修了又は短期大学卒業程度で、短大生、大学生、社会人に適当。一次試験(筆記90分+リスニング約20分)と二次試験(個人面接約8分)があり、社会生活に必要な英語力が要求される。
- 2級 高校卒業程度で、高校生から社会人まで広い範囲の人々に適当である。一次試験(筆記75分+リスニング約15分)と二次試験(個人面接約7分)があり、日常生活や職場に必要な英語力が要求される。
- 準2級 高校中級程度で、高校生や専修、各種学校生、短大生に適当である。一次試験(筆記65分+リスニング約20分)と二次試験(個人面接約6分)があり、日常生活に必要な英語力が要求される。
- 3級 中学卒業程度で中学生(高学年)や高校生に適当。一次試験(筆記45分+リスニング約20分)と二次試験(個人面接約5分)があり、日常生活に必要な基本的な英語力が要求される。

資料(2) 本校学生の過去4年間の受験結果は下の表の通りである。

実用英語検定試験結果一覧(平成7年~平成10年)

年度		2級	準2級	3級	合計	*この表以外に個人で直接申し込んで受験した学生がいる
7年度	受験者数(人)	21	62	38	121	
	合格者数(人)	4	23	32	59	
	合格率(%)	19.0	37.0	84.2	48.8	
8年度	受験者数(人)	24	91	39	154	
	合格者数(人)	3	31	31	65	
	合格率(%)	12.5	34.1	79.5	42.2	
9年度	受験者数(人)	28	50	28	106	
	合格者数(人)	3	20	23	46	
	合格率(%)	10.7	40.0	82.1	43.4	
10年度	受験者数(人)	19	36	2	57	
	合格者数(人)	2	12	2	16	
	合格率(%)	10.5	33.3	100	28.1	

平成10年度に受験者数が大きく落ち込んだが、理由は次のように推測される。

1. 本校学生の合格率の低迷である。学生は準2級までは比較的容易に合格でき、次に2級を受験することになるが、2級は準2級に比べかなりレベルが高く、本校からの受験生に取っては難関で、合格率が大きく下がる。2級合格が厳しいことが分かり、断念するものが多くでるため。
2. 試験日程が本校の定期考査の時期と前後して間近にあり、実用英検の受験準備期間が十分に確保しにくいこと。
3. 募集のやり方を従来と変更したため。従来のはやり方は、まず掲示板に実用英検協会から送付されたポスターを掲示、各英語教官が授業の時に学生に対し受験申し込み書を配布してきた。担当教官、又は英検担当教官が直接受験を受け付けた。10年度は受験申込書は配らず受験案内チラシを教室に掲示しただけである。新入生の受験者数が前年に比べ大きく落ち込んだ。

まれる技術である。本校も平成7年から準会場校となっている。

その他にも、TOEFL(米国大学入学資格試験)、国連英検、TEP TEST(早稲田大学・ミシガン大学科学・工業検定試験)、商業英語検定試験、通訳試験等々様々な資格認定試験がある。

実用英検は昭和38年にスタートした。内容は実務英語能力を見るところたっているが、TOEICに比べるとアカデミックな内容が多い。1級、2級、3級の3レベルでスタートしたが、その後、準1級、準2級、4級、5級が加わった。

1級~3級は春と秋、年2回実施されている。4級、5級は年3回実施。平成7年度から年間志願者数は延べ300万人を越え、平成10年度の総志願者数

1) 平成11年度実用英検申し込み用パンフレットより

は延べ3,335,694名（平成11年2月末日現在処理）となっている。平成11年度からは、準2級、3級も試験が年3回実施となる。

数年前から実用英検の資格を単位として認定する学校が多数現われている。現在すでに単位として認定している学校は国公立大学（多くは特定学部において）で23校、私立大学では46校、短期大学では47校、国立高専では32校、公立高校では295、私立高校で18。入試に何らかの優遇措置をこうじている学校は、国公立大では4校、私立大学では61校、短期大学では46校ある。（平成8年度末に実用英検協会が実施してアンケートの結果より）

国際化が進み、社会が外国語、特に英語を話す能力を要求してきた結果である。その為、各種英語の検定試験を受験する人が増加している。産業界も英語検定の資格を持っている人を優先的に採用する動きもある。同様に上述のように大学や短大で入試や推薦入試の際、点数加算や学科試験免除で優遇したりしているところもある。

2.2 本校における受験の実態

従来、学生に英語学習の機会を与える目的で、実用英検を合格した者については、年度末の成績査定時に何らかの優遇措置を講じる旨学生に伝えて受験をすすめてきたが、受験者は年平均10名程度しかいなかった。そこで、平成7年度に受験を奨めるキャンペーンを行い、準会場として本校での受験を可能にした。その結果、受験者は平成7年が、年間で延べ100名を越えた。平成8年度にも、年間延べ154名、平成9年度は年間延べ107名が受験した。従来に比べ大幅に受験生が増加したが、平成10年度には年間延べ67名にとどまった。

3.1 実用英検問題の分析

1級から3級までは1次試験と2次試験からなり、4級、5級は1次試験のみである。ここでは本校学生が主に受験する3級から2級までの問題に関して見ることにする。1次試験の筆記問題については各級とも設問1は語彙・イディオム・文法に関するものである。平成9年度のリニューアルで出題比率において文法の比率が大きく減り語彙・イディオム中心へ移行した。基本的なイディオムは今まで同様頻繁に出題されている。2級には、かなり難易度の高いイディオムも含まれる。しかし、内容的には実際の会話によく使われる表現が多く含まれていて問題としては妥当であろう。設問2は出題の形は少し異

なっているが、各級とも会話に関する問題である。空欄に入るべき適当な会話文を選択する問題とか与えられた語句を並べ替え2番目と4番目に来る語を答えるものである。2級では英文を並べ替えることで理解度だけでなく作文能力も見ている。設問3は準2級・3級では、大学入試共通一次試験の出題形式と同じ、与えられた語句を並べ替えて3番目・5番目とか2番目・4番目にくる語を答えさせるものである。2級では設問3、4は長文問題である。評論文でかなりの語彙力が求められるが、解答方法は4者択一である。準2級は設問4、5が長文問題、3級は設問4が長文問題である。各級それぞれ難易度は異なるが、特に難解なものはほとんどない。しかし長文には日頃からパラグラフ・リーディングの訓練が求められる。全般的に見て、普段から教科書に出てくるイディオムも多く出題されるので、合格するためには難解な語彙や構文は要求されない。

1次試験には最後にリスニング問題がある。各級ごと試験時間は異なる。本校の学生達に取っては普段からLLの時間に聞き取りの練習ができていたので高校生よりは有利に思われるが、試験結果を見るとそうとも言い切れないようである。高等学校でも現在オーラル・コミュニケーションが導入されている。リスニング問題は3級・準2級は3部に分かれている。1部は対話を聞いて最後の文に対する応答として適切なものを与えられた4つの文の中から選ぶものである。2部は対話を聞いて、その質問に対して適切なものを与えられた4つの文の中から選ぶものである。3部は英文を聞き質問に対して適切なものを与えられた4つの文の中から選ぶものである。

2級は2部に分かれている。1部は対話を聞き質問に対して適切なものを与えられた4つの文の中から選ぶものである。2部は英文を聞き質問に対して適切なものを与えられた4つの文の中から選ぶものである。

級が上にあがるにつれて当然内容も難しくなるし、発話スピードも速くなる。3級・準2級では本文が2度くり返されるが2級では1度だけである。この一次試験は2級では6割程度の正答、3級・準2では5.5割程度の正答で合格が可能である。

2次試験は面接試験である。1次試験合格者に対して行われる。受験者は面接委員から問題カードを渡され、文章（パッセージ）を20秒間黙読する。その後文章を音読するように面接委員から指示がある。音読が終了すると面接委員から英語で質問がされる。五つの質問があり、受験者は英語で答えなければな

らない。

平等を期するために全国一斉に実施されるため、十分に客観性を持たせるように配慮がされてはいるが、面接委員の主観が少しは入るので完全に公平とはいかない。

3.2 教師の側から見た実用英検

英語教師の間では、実用英語検定試験については、いろいろな論議がある。長い伝統があり、各種英語能力検定試験の中では信頼性が高いことは多くの英語教師が認めているが、出題される問題が英語の運用能力を評価する客観的なものであるかについて疑問を感じる者も多い。特に2次試験の面接に関しては、不公平感がでないように十分検討されてはいるが、全国で一斉に実施するために、面接試験官によって誤差が出るのは否めない。無難な問題を準備することが多く、会話能力を見るには適しないものも時々ある。担当試験官によって多少の主観が加わり、客観性が保証されない。実施団体が公的機関でないことを指摘する人も多い。

しかし、マイナス面を補うに値するものもある。つまり実際の会話の中で多く使われる表現を学生がこの機会に学習することは、学生達に後々役に立つことは間違いなく、この点は評価できると考える。

3.3 実用英検に対する学生の考え(見方)

学生達の側から見る実用英検は自分の英語実力の判定及び熟達度合を計るひとつの目安である。合格することで英語に対する自信を持つことができる。

実用英語検定試験に対する学生の意識調査を目的としたアンケートを実施した。実用英検をどの様に捉えているかを知るためである。調査はA群(本校学生196名)とB群(市内の大学生110名)に対して実施した。

アンケートの集約結果:

実用英検を以前に受験したことがあるか否かの質問に対しては、回答したA、B両群の学生の56%が「ある」と答えた。その内60%以上の学生が中学生の時に初めて受験したと回答。早い者は中学2年生くらいから受験し、受験級は4級、3級等であった。受験回数では、2回と回答した者が一番多く、次に多かったのが3回であった。

中学校が熱心に受験を勧めているところもある。順会場校に指定されている中学校が多数あり、生徒たちは自分の学校で受験できる利点がある。次に「受験の動機」であるが、「自分の実力を知るため」

と回答した学生が圧倒的に多く、「友人と一緒に受験するので」と回答した者が次に多かった。「先生に勧められて」と回答した学生の数が少なかったのは意外であった。多くの学生は自らの意志で受験しているということが言える。教師の役割は実用英検受験について日程や級の難易度等について学生に情報を流すことである。

A群に対するアンケートの中で、準会場になったことが影響を持つかどうかを質問したところ、地理的な利便性と、気持ちを落ち着けて受験できたと回答する学生が多数いた。

A群の学生の内「英語が好き」と回答した学生は18%、「嫌いである」と回答した学生が48%、「どちらでもない」が34%であった。一方、B群の学生では「英語が好き」と回答した学生は37%、「嫌いである」と回答した学生は34%、どちらでもないと答えた者が29%であった。A群の学生は理系であり、B群は文系の学生である。英語に関しては、文系の学生の方が強い興味を示すようである。一般的に理系の学生は文系の学生に比べ英語の予習等が少ない。実験や実習で時間が取れないからであろう²⁾。

受験したことがあると回答したA、B両群の学生に、「事前の準備」について質問した。自分の受験級の「問題集を購入して事前に問題を解いた」と回答した者が67%、「教科書をやり直した」と回答した者が7%、「特に何も準備せずに受験した」と回答した者は26%いた。受験に当たっては多数の学生が事前にある程度学習時間を確保していた。

受験後、学生達は英語学習に対する認識が変わり、多くの学生達が、実力を付けさらに上級を受けたいと思うようになった。この点では、英語学習に対するよい影響がでたことが確認できた。

日本の学生の多くが高校入試や大学入試のために勉強してきた。そして学生の多くは教養英語の必要性は認めていて、英語学習の目的は英語を話せるようになることである³⁾。実用英検のための勉強がこの目的に合致するならば受験する学生の意気込みは強い筈である。本校の学生は、そこまで至っていないのが現状であろう。

4. 単位認定について

単位認定によって起こると危惧されることは、授業そのものの意味が薄れると言うことである。極端

2) 宮原文夫, 村上隆太他:「このままでよいか大学英語教育」(1997) 松柏社, p.246

3) 同上 p.247

に言えば、授業に出席せずに、実用英検の勉強に専念する学生が出てくることである。授業というのは単に特定の教科の能力を伸ばすためのものだけではなく、授業を通して学生が自分の人格を形成することも一つの目的である。

英語教育には「教育」(education)と「訓練」(training)という教育の側面と英語の側面がある。英語の側面には知識・技能が含まれていて、その成果は「訓練」を通して表われ評価される⁴⁾。

教育の側面は勿論学習者の生き方である。もし、授業に出席せずに、単位を取って卒業できるとなれば学校のもつ教育の側面、即ち授業の意義がなくなる。実際に単位認定を実施している高専に聞いてみると、次のような回答があった。2級以上を単位として認定しているが、これらの級に合格できる学生は本来英語に強い興味をもつ学生であり、普段の授業にも熱心に取り組む学生であるから、危惧するようなことは起こっていないとのこと。しかし、今後、認定する級が準2級まで下がるとすれば、危惧が現実になる事も有り得る。現在、単位として認定している学校は多数あるが、どの級を何単位に認めているかは、全校が一致している訳ではない。英検協会発行の資料によれば、1級を8単位に認めている大学・短大が30校、6単位が、22校ある。準1級を4単位に認めているのが56校、2単位に認めるところが29校ある。

多くの高専は、在学中に資格を取った場合にのみ単位認定を行っている。本校で単位として認定するとなれば、どの級を何単位として認めるのか。又、その認めた単位はどの様な位置づけになるのか。つまり卒業に必要な単位と互換できるのかとか、英語以外の単位との互換が可能なのか等の問題が考えら

単位認定している高専が32校ある。具体的に見てみる。各級ごとに何単位として認めているかを表にした。

1級		準1級		2級		準2級	
10単位	1校	8単位	1校	4単位	5校	2単位	7校
8単位	8校	6単位	6校	3単位	7校	1単位	10校
7単位	3校	5単位	5校	2単位	18校		
6単位	10校	4単位	23校	1単位	1校		
4単位	1校	2単位	6校				
2単位	6校	1単位	1校				
1単位	1校						

4) 東後勝明：「英語教育4月号」Vol.48 No.1 (1999)，大修館，p.14

れる。

多くの教師が気に掛かっているのは、実施団体の実用英語検定協会が、民間の法人組織であるということである。文部省は技能審査で取得した資格に関する単位認定についてのガイドラインを示し、法律的には問題はないようだが、資格試験を学校現場で安易に認めることへの抵抗は強い。単位認定すれば、確実に受験する学生の数は増加するし、これらが動機付けとなり、学生全体が英語の学習に熱心になれば、教師の側からは好ましいことではある。教育現場では、学生の英語学習への意欲の低下、授業に対する予習・復習の欠如で悩んでいる。勿論、これは英語という教科に限られた現象ではない。進学校と言われる高等学校では大学入試という目標達成のために、必要に迫られて英語を熱心に学習しているのが現状であろう。

本校では一般の高等学校と異なり、大学受験がない。そこで、英語に対する学習意欲を湧かせるための動機付けが必要になる。目的意識を強く持たせ意欲的に英語学習に取り組ませるための方策として単位認定をするのも方策かも知れないが、本来教師の創意工夫により学生への学習意欲を引き起こさせることが本筋である。

5. 結 び

以上述べてきたように実用英語検定試験が学習の動機付けという面ではプラスの部分が多くあることは否定できない。故に今後も学生に受験を奨めることは意義があると思われる。だが単位として認定すべきかどうかについては、現時点で結論を出すのは時期尚早である。高専の設置基準の改訂によって、今後カリキュラムの変更も予想される。単位認定は各種の技能試験について論議される事になるであろう。その時には当然実用英検もその中に含まれると予想される。今後、もし単位として認定するとなれば、周辺状況を見極め、危惧される問題についての論議を十分につくし、他校に追従して安易に認めるということのないようにしなければならない。

参 考 文 献

- 1) 「実用英語技能検定2級問題集」(1997) 旺文社
- 2) 「実用英語技能検定準2級問題集」(1997) 旺文社
- 3) 「実用英語技能検定3級問題集」(1997) 旺文社
- 4) 「STEP '98 英語情報5・6」(1998) 日本英語検定協会
- 5) 「STEP '99 英語情報3・4」(1999) 日本英語検定協会
- 6) 「英検資格取得者優遇校一覧」(1999) 日本英語検定協会
- 7) 「初めてのTOEIC」(1998) ジャパンタイムズ
- 8) 「工業英検試験問題集」(1987) 日本工業英語協会

一般論文

剣道における打突動作(1) — 森田理論の考察 —

木 寺 英 史

A Study of 'DATOTSU' Movement in KENDO (1) — Consideration of Morita's Theory —

Eishi KIDERA

はじめに

剣道人口の減少傾向に歯止めがかからない現在、我々はいかなる方策を探るべきであろうか。別稿¹⁾²⁾で示したように、この傾向を剣道の「人間形成」の課題として論じること一方策であろう。しかし、それは運動技術そのものの考察からは遊離したものとなる。剣道がその文化性を保ち、さらに発展するためには、剣道の運動技術をその中心課題とすべきである。そして、その文化性を保持しつつさらに修得が容易な技術体系の構築が必要であろう。

さて、剣道の技術はスポーツ運動技術の特性から検討すれば合理的であるとは言い難い。現代剣道は競技としても存在価値を得ているとよいが、その技術は多分に経過性³⁾が重んじられ、それが技術の文化性として伝承される傾向にある。換言すれば、技術の定型化である。一般にスポーツ運動技術は、その規則の中で勝利を得るための合理性や経済性が追求される。そこに技術の発展性がある。個人レベルの技能の修得においても、各自の技能の合理性・経済性を追求するところに競技での勝敗とともに、そのスポーツを実践する魅力が存するものと思われる。しかし、剣道では競技における合理性・経済性の追求よりも伝統的な技の定型化が優先される場合がある。これこそ剣道の持つ技術的特性であるといえるが、一方では、この定型化が技術の修得を困難なものにしているとも考えられる。よって、我々は剣道の技術を多角的に考察し、定型化された技術の特性を残しつつ、より合理的かつ経済的な技術やその指導法の開発に取り組まなければならない。

そこで、本稿では剣道の中心的運動ともいえる打突動作に着目し考察することとした。剣道技術の継承はその流派成立以来、口伝によるものが多く、近

代までは打突動作についてもその原則を具体的に記したものは皆無と見てよい。近代の代表的剣道指導書である高野佐三郎著「剣道」においても具体的な記述はみられない⁴⁾。戦後、持田ら⁵⁾や三橋⁶⁾によって剣道の打突動作についての研究がなされたが、このような中で森田は新しい打突理論を発表した⁷⁾。この理論はそれまでの打突動作研究にはなかった歩行の原則と打突動作の関連に着目したものである。その後、この観点からの考察⁸⁾⁹⁾もなされているが十分であるとは言い難い。そこで本論文では、森田の打突理論を中心に現代剣道の打突動作についての課題を検討することをその目的とした。

1. 森田理論の概要

森田文十郎¹⁰⁾著「腰と丹田で行う剣道」は昭和41年に発刊された。本書は大きく3編で構成されている、第一編「技法編」、第二編「心法篇」、第三編「五輪書考察」である。本稿で考察するのは第一編の「技法篇」である。

森田は第一編「技法篇」において、それまで誰からも発表されたことのない独自の打突動作理論を展開している。よって、本書では一般の剣道書にあるような「基本」や「応用技」というような技術の紹介は一切されておらず、筆者独自の理論が詳細に記述されている。「技法篇」は五章で構成されているが、ここではその概要を再整理し多少の私見を交えることとする。

(1) 現代剣道の通弊

森田はまず当時の剣道の通弊を指摘している。本書の発刊が昭和41年であるので、ここで述べられている剣道の通弊とは現在のそれと大差ないであろう。森田は通弊を数項目列挙しているが、それらはすべて打突において左半身が活用されていないことを指

摘している。森田はさらにその原因について言及している。

剣道では両手で一本の刀を持つために、紛れが起こり、やることが多義に亘って、迷路に入り込み、その操作が正しく行われず、遂に余分の苦勞をして居った¹¹⁾。

とし、両手が自由に活動できないことがその原因であると明言している。そして、このことにより歩行の原則が無視されたとする。歩行の原則を打突動作に適用する為には、腰の運用とその表裏一体の關係にある丹田の強化が必要不可欠であるとし「腰の運用によってどんな打突もできる」¹²⁾とまでいい切っている。

(2) 対角線活動の法則

次に森田は歩行の原則を「対角線活動の法則」とし説明している。「対角線活動の法則」とは、人間を含め四肢を持つ脊椎動物の運動に共通する法則であるとし、具体的には

- a 左腕が前方に出る時は、右脚も前方に出る。
- b 右腕が前方に出る時は、左脚も前方に出る¹³⁾。

と述べている。そして、剣道とこの「対角線活動の法則」について、

この事は歩行の時自然に行われるもので何ら努力を必要としないものである。この法則を無視しようとすれば多大の抵抗を感ずるのである。一刀を両手で持つと歩行が意のままでない、片手に持てば歩行が楽々できる。これは対角線活動が自然に行えるためである¹⁴⁾。

としている。そして、両手が自由にならない剣道の打突動作においてこの「対角線活動の法則」を有効に活用するためには腰の回転が必要であり、さらにそれに伴う肩の回転により打突動作が可能となるとしている。

(3) 剣の完全操作

さらに、腰の回転と剣道の打突運動の關係を詳細に解説し、「対角線活動の法則」を用いた打突動作を次のように定義している。

剣道において腰の廻転と、それによって起こる対角線活動と、体の移動との三者一体となって働くような体捌きで行う打突を、剣の完全操作という¹⁵⁾。

さらに、腰の回転には丹田の力が必然的に伴うものであるとし、この方法によって行う剣道を「腰と丹田で行う剣道」と名付けている。そして、「対角線活動の法則」が打突動作に適用される様を次のように詳細に解説している。

- a, 執刀中段の構から一步前進の間に適当な対角線活動をすればそれが一拍子の打ちとなる。
- b, 対角線活動の第一波は左腰から起る。その波は丹田と左手とに殆ど同時に伝わり、左手は左腰の移動に連れて前進開始、左腰の対角線は右腕であるから、右腕もこれに連れて運動を起し、対角線活動の法則に従って前進を開始する。即ち左腰から発した第一波は、丹田と、左手と、右腕とに殆ど時間を同じくして伝る。
- c, 右腰も左腰に連れて、左手と呼応しつつ殆ど同時か、或は時により技の種類によって、稍遅れたりして第一波を感じ、前進を始め右足もこれにつれて進み。この辺の感じ方及び、活動開始は各人の進度や個性によって相違があり一様には言い得ない。
- d, やがて、右足が着地する頃、左手は引手になり、右手も押手の本領を発揮して、三味一体となって、左足の着地を迎えて一拍子の打ちを完了する。
- e, この動作の始めから終りまで吸気しては丹田の力が抜けるのでいけない。呼気で打つことが大切である、懸声をかけるのはその目的を達する一つの方である。
- f, 以上は一瞬に行われるものでこれを分解して説明してもその真の姿を捉えることはできない、八ミリで撮って見たが、好く出ない。知って居る人にはそれと感ぜられる程度であり説明にならない¹⁶⁾。

(4) 剣の完全操作の利点

また、森田は剣の完全操作と丹田についての見解を述べ、仮説であるとしながらも、丹田発生について大胆な考察を進めている。人類発達の過程の中で二手歩行から二足歩行への移行があったとし、その歩行には双方に対角線活動がみられるとする。そして、その長年の対角線活動が人類に丹田を作り出したとしている。そして現代剣道と「腰と丹田で行う

剣道」を比較しその利点を列挙しているが、その中より打突動作に関する記述を上げてみる。

- ・自然の理法たる歩行の法則によって行われる。無理がないので老年になっても衰えない。
- ・人体の中央部に位置する腰と丹田とで打突するので遅いようであるが案外間に合う。
- ・丹田を使って行う技は、面も、小手も、胴も起こりに区別が殆ど無いので相手から起こり頭を打たれない。
- ・腰と丹田で打つ技は刀を不要に上げ下げしないから一拍子の打ちと称する打法が可能となる。
- ・左腰、左手、左脚が起点となっているので、左半身が遅れることがない。大事な左手、左足が利く。
- ・左腰の活動は、対角線上の右手活動となり、地続きの左手と左足に波及して完全な操作となる。
- ・完全操作では歩幅が狭くなる。腰で打突ができるようになれば歩幅を広くする必要がなくなる。
- ・完全操作は身体を中心部から技を起こすものなので、技の途中変更がしやすい、即ち咄嗟の変更可能¹⁷⁾。

最後に森田は、「対角線活動の法則」は他競技でも頻繁に見られるとして、スケート競技、体操競技、ボクシング、相撲、三段跳び、ハードル競技等を考察している。

2. 打突動作に関する課題

さて、森田の打突理論を概観したところで打突動作に関する課題を検討することとする。森田理論は我々に多くの課題を提供している。その課題を大きく二つに大別し述べることにする。

(1) 歩行原則(対角線活動の法則)と打突動作

詳細な人間工学的分析が必要ではあるが、脊椎を中心とし対角にある上下肢が同方向に運動すること、さらに歩行には骨盤(腰)・肩の回転が伴うとする「対角線活動の法則」が我々の運動の基礎であることは異論のないところであろう。

そして、森田は剣道の打突動作も「対角線活動の法則」を適用すべきであるとしている。しかし、それらを安易に関連させて良いものであろうか。

まず、現在継承されている打突動作について検討してみたい。剣道では中段の構えからの打突においては右自然体を保持したまま打突する事が一般的と

なっている。中段の構えは様々な教えが伝承されているようであるが、現在の共通した認識は右足が左足より前方に位置し、上肢も右拳が鍔元を、左拳が柄頭を殆ど余さずに竹刀を保持することが一般的である。そして、相手には正対するという教えがあるものの、実際には相手に対して右自然体で構えることとなる。そして、この状態から右足・左足と送り足にて前進すると同時に上肢は竹刀を振り上げ・振り下ろすという動作を遂行する。この一連の運動経過は明らかに歩行の原則(「対角線活動の法則」)とは異なるものである。

さて、それでは森田が述べているように、剣道の打突動作は本来「対角線活動の法則」を適用されるべきものであったのだろうか。この点については慎重な考察が必要である。それは、剣道の打突動作には全く異なる法則が内包されてきたとも考えられるからである。

まず一点目は「ナンバ」¹⁸⁾である。「ナンバ」とは現在の歩行の原則ではなく左右の上下肢が同方向に動く運動形態の事を言う。江戸時代までの日本人は体の使い方が「ナンバ」であったとも言われている。剣道の打突動作が「ナンバ」を基礎に継承しているのならば、打突動作に歩行の原則を適用すること自体の是非から問い直さなければならない。

二点目は日本刀の操法である。仮説ではあるが、「対角線活動の法則」が適用されてこなかったもう一つの根拠は日本刀の操法が「引き斬り」であることに関係すると考えられる。日本刀の操法では斬撃後の太刀は多くの場合「引き斬り」であるため自分の方向へ回帰してくるのであり、その運動経過の中で太刀筋を確保する動きが必要である。右・左と下肢を運んだ場合でも左足を後進させることによって太刀筋を確保することになる。つまり右自然体、若しくは半身になって太刀筋を確保する必要があったと考えられる。このことも「対角線活動の法則」が適用されなてこなかった一要因と考えられる。

(2) 打突動作に伴う「送り足」について

さて、歩行の原則と打突動作について私見を述べたが、現在継承されている打突動作には、明らかに森田が提唱する「対角線活動の法則」は適用されていない。そして、既に述べたようにこのことは、日本人の伝統的な運動形態や日本刀の操法の特性から受け継がれたものであると考えられる。ここで検討されるべきは打突動作の将来へ向けての方向性である。伝統的な打突動作を今後いかに継承すべきであ

ろうか。伝統的な打突動作も重要な文化的特性ではあるが、合理的な打突動作の研究がなされるべきであると考え。つまり、「対角線活動の法則」による打突動作の多角的研究がなされるべきである。

しかし、ここで森田が考察していない剣道の打突動作と歩行原則の関連の中で最も着目すべき観点を提起しよう。それは下肢の運動についてである。森田は「対角線活動の法則」に着目しながら、打突時に下肢を右・左の順に「送り足」で前進することを前提としている。しかし、「対角線活動の法則」を十分に発揮させるためには、右・左と下肢を「歩み足」で運ぶ必要がある。この「歩み足」によって十分に腰と肩の回転が確保されることになる。逆に腰と肩の回転が十分であれば、「送り足」ではなく「歩み足」となり、打突後、左足は右足の前方に自然と振り出される。現在、打突動作が「送り足」である根拠も前述の日本刀の操法にあると考えられる。しかし、現在「対角線活動の法則」が我々の運動の一般的基礎であり、現代剣道の打突後の運動が前進する事を前提としているのであれば、「送り足」は非合理的な運動形態であると言わなければなるまい。

む す び

最後に剣道の打突動作において研究の方向性を示したい。まず、「対角線活動の法則」を打突動作に適用する試みは全く新しい技術の構築であるという認識が必要である。

剣道の技術追求の歴史の中で、歩行の原則と打突動作の融合という観点は皆無であったと思われる。それは、前述のように日本刀の操法に由来する。つまり、ここでも必要であるのは、日本刀の操法としないのそれは異なる技術であり、現代剣道の技術の源は「しない打ち剣道台頭期」¹⁹⁾のそれであるという認識である。よって、この研究は古流の研究や動作分析といった、現存する技術・動作の考察とともに、剣道実践者の斬新な発想の転換が必要不可欠である。今後、森田理論を詳細に検討しながら打突動作の開発にとり組みたい。

注 釈

- 1) 拙稿「剣道人間形成論考(1)―現代剣道における人間形成的課題―」, 1998(平10), 久留米工業高等専門学校紀要第14巻第1号。
- 2) 拙稿「剣道人間形成論考(2)―技術的要素と「道徳的精神性および行動規範」について―」, 1999(平11), 久留米工業高等専門学校紀要第14巻第2号。
- 3) 現代剣道の技術を考察すれば、その結果性を主目的とする技術(結果技術)と経過性を主目的とする技術(経過技術)に大別できる。剣道技術の経過性は日本刀の操法から受け継いだものと「型」稽古から継承されたものがあると考えられる。筆者は現代剣道の技術をその結果性と経過性に着目し、「芸術的結果技術論」として提唱している。拙稿「現代剣道技術論序説―しない打ち剣道の技術的特性について―」, 1994(平6), 久留米工業高等専門学校紀要, 第9巻第2号(「剣道日本」スキージャーナル社, 1997, 7月号掲載)。
- 4) 正面撃の打突動作について次の様な記述がある。
「兩臂の間より敵の頭部の見ゆる程振り冠り、右足より踏み出し其反動にて左足は之に伴ひて進み敵の正面を真向に撃ち込む、此の場合兩臂を伸ばすを度合とす。」
高野佐三郎, 「剣道」, 1915(大4), 良書普及会。
- 5) 持田盛二, 中野八十二, 坪井三郎, 「図説剣道事典」, 1970(昭45), 講談社, p80~81。
- 6) 三橋秀三, 「剣道」, 1972(昭45), 大修館書店, p24~245。
- 7) 森田文十郎, 「腰と丹田で行う剣道」, 1966(昭41), 剣道ゆうき会。
- 8) 平川信夫, 坪井三郎, 「剣道の打撃に於ける体の回転について」, 1972(昭47) 武道学研究, 5(1)。
- 9) 山神真一, 百鬼史訓, 「剣道における正面打撃時の肩と腰のねじれに関する研究」, 1990(平2), 武道学研究, 22(3)。
- 10) 森田文十郎は大正5年東京高等師範学校卒、その後千葉県・東京府の師範学校・高等学校に奉職、後東京高等師範学校教授となる。戦後は防衛大学剣道部・武道学園剣道部師範を歴任する。
- 11) 前掲書, 「腰と丹田で行う剣道」, p16~17。
- 12) 同前, p18。
- 13) 同前, p23。
- 14) 同前, p24。
- 15) 同前, p26。
- 16) 同前, p35~36。
- 17) 同前, p70~71。
- 18) 「ナンバ」とは「ナンバン(南蛮)」が省略された言葉。広辞苑によれば「歌舞伎や舞踊の演技で、右足が出る時右手を出すような、普通とは逆の手足の動作をいう」とある。剣道の技術と「ナンバ」についての研究はなされていない。
- 19) 筆者は現代剣道の技術を「結果技術」と「経過技術」が共存する特性を有するとして「芸術的結果技術論」を提唱している。「芸術的結果技術論」では現在の剣道の技術の源は日本刀発現にあるとするのではなく、しない打ち剣道の発現とする。

教育研究報告

微積分に関するある種の問題の n 変数への拡張と応用

杠 顕 一 郎

The Extension and the Applications of Some Problems
on Differential and Integral

Kenichiro YUZURIHA

In this paper, we describe on the extension and the applications to n-variables for two kinds of problems on differential and integral. One is a solution of extreme-value problems of the quadratic-form function with n-variables and its applications to the principal-component analysis on multivariate statistics. The other is the polar-coordinates transformation with n-variables and its applications. we calculate the Jacobian determinant and the multiple integrals for the domain of n-dimensional sphere.

1. はじめに

本論では、微積分に関する2つの問題の n 変数問題への拡張とその応用例について述べる。その1つは、n 変数 2 次形式関数の極値問題の解法と、その多変量統計解析における主成分分析への応用。もう1つは、n 変数の極座標変換とその応用で、n 次の行列式で表現される Jacobian の計算と n 次元の超球領域 S_n に対する n 重積分等について述べる。

2. n 変数 2 次形式関数の極値問題

2.1 問題とその解法

ここでは、条件 $x^2 + y^2 = 1$ のもとで、 $Z = ax^2 + 2bxy + cy^2$ ($b \neq 0$) の最大値と最小値を求める問題を拡張して、n 変数 2 次形式関数の条件付極値問題とその解法について述べる。

即ち、条件

$$x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2 = 1 \quad (2,1,1)$$

のもとで、n 変数 2 次形式関数

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_i x_j, \quad C_{ij} = C_{ji} \quad (2,1,2)$$

の最大・最小問題について考える。ここで、 C_{ij} は実数とする。

Lagrange の未定乗数を λ とおき、関数 F を

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda) = Z - \lambda (x_1^2 + \cdots + x_n^2 - 1) \quad (2,1,3)$$

とおく

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2,1,4)$$

より

$$\sum_{j=1}^n C_{ij} x_j - \lambda x_i = 0 \quad (2,1,5)$$

ここで

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} \cdots C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} \cdots C_{2n} \\ \vdots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} \cdots C_{nn} \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

とおくと (2,1,5) は, $CX = \lambda X$, $X \neq 0$ となり, 行列 C の固有値問題になる。従って, λ は次の行列方程式を満たす。

$$|C - \lambda E| = 0 \tag{2,1,6}$$

行列 C は条件 (2,1,2) より, 対称だからその固有値は定理よりすべて実数値をとる。一方 (2,1,5) の各 i 式に x_i を掛けて加えると, 次の式をうる。

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_i x_j = \lambda \tag{2,1,7}$$

ところで, 条件 (2,1,1) より, Z は最大値と最小値をもつ。故に, 本問題の Z の最大値と最小値は, 行列 C の最大固有値と最小固有値を求める問題に帰着し, (2,1,6) を解くことにより求められる。この問題は, 多変量解析の主成分分析における合成変量の分散最大化の解法に応用される。

2.2 多変量統計解析における主成分導出への応用

多変量の主成分分析では, 一般に p 変量 x_1, x_2, \dots, x_p に対して, それぞれに重み係数 a_1, a_2, \dots, a_p をつけて合成変量

$$Z = \sum_{j=1}^p a_j x_j \tag{2,2,1}$$

を考え, Z が p 変量 x_1, x_2, \dots, x_p の合成指数として, 各変量を最も良く代表するように係数を定める方法を考える。その1つの方法として, 条件

$$a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_p^2 = 1 \tag{2,2,2}$$

のもとで, 合成変量 Z の分散

$$V(z) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2 \tag{2,2,3}$$

が最大になるように a_1, a_2, \dots, a_p を定める方法がよく用いられる。 $V(z)$ は

$$\begin{aligned} V(z) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{ a_1(x_{1i} - \bar{x}_1) + \dots + a_p(x_{pi} - \bar{x}_p) \}^2 \\ &= \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p S_{jk} a_j a_k \end{aligned} \tag{2,2,4}$$

で表される。ここで, S_{jk} は2種の変量 x_j, x_k の分散, 共分散である。従って, $S_{jk} = S_{kj}$ が成り立つ。よって, この問題は条件 (2,2,2) の制約式のもとで, (2,2,4) を最大化する問題に定式化される。これは, 初めの n 変数2次形式関数の極値問題において Z , ここでは $V(z)$ を最大化するための最大固有値に対する固有ベクトルを求める問題に帰着する。

3. n 変数の極座標変換とその応用

R_2 や R_3 空間における極座標は, 一般によく使われているが, ここでは, 2次元や3次元の極座標変換を拡張して, R_n 空間における n 変数の極座標変換とその応用のための Jacobian の計算及びその多重積分計算への応用例について述べる。

3.1 R_n 空間における極座標変換と Jacobian の計算

空間 R_n における極座標変換については, いくつかの定義がなされているが, 本論では次の定義³⁾ を利用する。

$$\begin{cases} x_1 = r \cos \theta_{n-1} \cos \theta_{n-2} \cdots \cos \theta_2 \cos \theta_1 \\ x_2 = r \cos \theta_{n-1} \cos \theta_{n-2} \cdots \cos \theta_2 \sin \theta_1 \\ x_3 = r \cos \theta_{n-1} \cos \theta_{n-2} \cdots \sin \theta_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} = r \cos \theta_{n-1} \sin \theta_{n-2} \\ x_n = r \sin \theta_{n-1} \quad \left(-\frac{\pi}{2} \leq \theta_k \leq \frac{\pi}{2}, 1 \leq k \leq n-1, -1 \leq r \leq 1 \right) \end{cases} \quad (3,1,1)$$

この変換による座標 $(r, \theta_1, \dots, \theta_{n-1})$ は、次の式を満たすので n 次元球面座標ともいわれる。

$$x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2 = r^2$$

この極座標変換は、しばしば多重積分の計算に利用されるので、その際に必要な Jacobian : J_n を計算する。

$$J_n = \begin{vmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial r} & \frac{\partial x_1}{\partial \theta_1} & \frac{\partial x_1}{\partial \theta_2} & \cdots & \frac{\partial x_1}{\partial \theta_{n-1}} \\ \frac{\partial x_2}{\partial r} & \frac{\partial x_2}{\partial \theta_1} & \frac{\partial x_2}{\partial \theta_2} & \cdots & \frac{\partial x_2}{\partial \theta_{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial x_n}{\partial r} & \frac{\partial x_n}{\partial \theta_1} & \frac{\partial x_n}{\partial \theta_2} & \cdots & \frac{\partial x_n}{\partial \theta_{n-1}} \end{vmatrix} \quad (3,1,2)$$

J_n の第 n 行は、第 1 列要素と第 n 列要素以外はすべて 0 になるので第 n 行について展開する。その場合、 J_n における $(n,1)$ 要素と (n,n) 要素の余因数をそれぞれ A_{n1} , A_{nn} とおくと

$$J_n = \sin \theta_{n-1} \cdot A_{n1} + r \cos \theta_{n-1} \cdot A_{nn}$$

ここで、

$$\begin{aligned} A_{n1} &= (-1)^{n+1} [(-1)^{n-2} (-r \sin \theta_{n-1}) (\cos \theta_{n-1})^{n-2} \cdot J_{n-1}] \\ A_{nn} &= (-1)^{2n} [(\cos \theta_{n-1})^{n-1} \cdot J_{n-1}] \end{aligned}$$

従って、次の漸化式をうる。

$$J_n = r (\cos \theta_{n-1})^{n-2} \cdot J_{n-1}$$

よって、上式にこの漸化式と $J_2 = r$ を用いると、求める Jacobian J_n は、次の式で表される。

$$J_n = r^{n-1} (\cos \theta_{n-1})^{n-2} (\cos \theta_{n-2})^{n-3} \cdots (\cos \theta_3)^2 \cos \theta_2 \quad (3,1,3)$$

3.2 n 重積分への応用

[例 1] n 次元超球体上の積分

ここでは、n 次元超球体 S_n

$$S_n : x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2 \leq a^2 \quad (3,2,1)$$

に対する次の形の n 重積分

$$I_n = \iiint \cdots \int_{S_n} x_1^{a_1} x_2^{a_2} \cdots x_n^{a_n} dx_1 \cdots dx_n \quad (3,2,2)$$

を考える。ここで、 a_1, a_2, \dots, a_n は非負整数とする。この積分が有用なのは、一般的多変数関数を多項式に展開すると積分の主要項は、この形の積分の和になるからである。(3,2,2) 式に (3,1,1) を代入して、n 次元の極座標変換を行うと、積分 I_n は、Jacobian : J_n (3,1,3) を組み込み、次のような n 個の単一積分の積で表される。

$$\begin{aligned}
 I_n = & \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta_1)^{a_1} (\sin \theta_1)^{a_2} d\theta_1 \right) \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta_2)^{a_1+a_2+1} (\sin \theta_2)^{a_3} d\theta_2 \right) \\
 & \times \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta_3)^{a_1+a_2+a_3+2} (\sin \theta_3)^{a_4} d\theta_3 \right) \times \dots \times \dots \\
 & \times \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta_{n-1})^{a_1+\dots+a_{n-1}+n-2} (\sin \theta_{n-1})^{a_n} d\theta_{n-1} \right) \\
 & \times \left(\int_{-a}^a |r|^{n-1} r^{a_1+\dots+a_n} dr \right) \tag{3,2,3}
 \end{aligned}$$

上式により、 a_1, a_2, \dots, a_n のうち、少なくとも1つが奇数であれば、 n 重積分 I_n の値は、0になることがわかる。従って、 a_1, a_2, \dots, a_n のすべてが偶数のときのみ I_n は0でない値をもつ。そのとき、この I_n をまとめて表現することを考える。それには、ベータ関数とガンマ関数の関係式から導ける次の関係式を使うとよい。

$$2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta)^{2p-1} (\sin \theta)^{2q-1} d\theta = \frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)} \quad (p>0, q>0) \tag{3,2,4}$$

よって、(3,2,3)は、(3,2,4)を使って変形すると、次のような式にまとめられる。

$$I_n = \frac{2a^{n+a_1+\dots+a_n}}{n+a_1+a_2+\dots+a_n} \frac{\Gamma(\frac{a_1+1}{2}) \Gamma(\frac{a_2+1}{2}) \dots \Gamma(\frac{a_n+1}{2})}{\Gamma(\frac{n+a_1+a_2+\dots+a_n}{2})} \tag{3,2,5}$$

[例2] n次元超楕円体の体積

ここでは、2次元の円、楕円の面積や3次元の球、楕円体の体積を拡張して、 n 次元の超楕円体の体積 V_n を求めよう。

積分領域 D_n

$$D_n : \frac{x_1^2}{a_1^2} + \frac{x_2^2}{a_2^2} + \dots + \frac{x_n^2}{a_n^2} \leq 1 \tag{3,2,6}$$

に対して

$$\begin{aligned}
 V_n = & \iiint \dots \int_{D_n} dx_1 dx_2 \dots dx_n \\
 = & a_1 a_2 \dots a_n \iiint \dots \int_{C_n} dx_1 \dots dx_n, \quad C_n : x_1^2 + \dots + x_n^2 \leq 1 \tag{3,2,7}
 \end{aligned}$$

を計算すればよい。従って、上式について n 次元極座標変換して整理すると

$$\begin{aligned}
 V_n = & a_1 \dots a_n \pi \left(\int_{-1}^1 |r|^{n-1} dr \right) \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos \theta_2 d\theta_2 \right) \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta_3)^2 d\theta_3 \right) \times \dots \\
 & \dots \times \left(\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta_{n-1})^{n-2} d\theta_{n-1} \right) \tag{3,2,8}
 \end{aligned}$$

ところで、beta関数やgamma関数から得られる関係式

$$B\left(\frac{k}{2}, \frac{k}{2}\right) = 2^{1-k} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta)^{k-1} d\theta, \quad B(p, q) = \frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)} \quad (p>0, q>0)$$

を用いると、次の式をうる。

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos \theta)^{k-1} d\theta = 2^{k-1} \frac{[\Gamma(\frac{k}{2})]^2}{\Gamma(k)} \quad (3,2,9)$$

そこで, (3,2,8) に (3,2,9) の関係式を使って変形すると V_n は, 次のようになる。

$$V_n = 2^{1+2+\dots+(n-2)} \frac{[\Gamma(\frac{1}{2}) \Gamma(1) \Gamma(\frac{3}{2}) \dots \Gamma(\frac{n-1}{2})]^2}{\Gamma(1) \Gamma(2) \dots \Gamma(n-1)} \frac{2}{n} a_1 a_2 \dots a_n$$

上式において, さらに gamma 関数に対する Legendre の重複公式

$$\Gamma(2p) = \frac{2^{2p-1}}{\sqrt{\pi}} \Gamma(p) \Gamma(p + \frac{1}{2})$$

を用いて変形すると次のような V_n についての最終的な表現式をうる。これは (3,2,5) 式に関連している。

$$V_n = \frac{2 \pi^{\frac{n}{2}}}{n \Gamma(\frac{n}{2})} a_1 a_2 \dots a_n \quad (3,2,10)$$

尚, 上式を, gamma 関数の関係式 $\Gamma(p+1) = p \Gamma(p)$ を用いて更に具体的に表現すると, 次のような公式が得られる。

n が偶数のとき

$$V_{2k} = \frac{\pi^k}{k!} a_1 a_2 \dots a_{2k}$$

n が奇数のとき

$$V_{2k+1} = \frac{2^{k+1} \pi^k}{(2k+1)!!} a_1 a_2 \dots a_{2k+1}$$

4. 結びにかえて

多変量統計解析は, 現状分析や将来計画への必要性や有用性から近年, 各方面で重要視され研究応用されている。2 次形式関数の条件付き極値問題の n 変数への拡張が, 多変量の主成分分析法に応用されることは, 学生には難しい内容であろうが偏微分の多様な応用例として適当な機会に紹介できればと思っている。また, 一般の多変数関数の積分は, 非常に計算が複雑になり, 誤差解析も難しい。この関係の論文は国内外ともあまり見かけないので研究者も少ないようである。筆者は過去の一時期に, 九大の藤野教授のもとで多重積分の数値解法の研究に取り組んだことがある³⁾ (5), (6), (7) など 6 編)。本論は以前に取り組んだ内容とは違い, 比較的身近な応用数学問題の教育的研究である。超球体上の多重積分や楕円体の体積を n 次元に拡張したものが, 一般にどのような式で表現できるか, 実は本原稿執筆中に Dirichlet 積分を用いた解法が参考文献 8) にあることを知った。いくつかの変換を行って解く技巧的な方法である。本解法はそれとは異なり, 教育的に分かりやすい導き方だと思う。授業で取り扱う程度を遥かに越えてはいるが, 数学の発展的展開例としてその概容だけでも教育に活用できれば, 学生達も数学の広さと深さを知り, 何かを啓発されるのではないかと思う。このことはまた, 自然科学のいろいろな数学的問題の拡張へと関心が広がっていくことになる。

参 考 文 献

- 1) 杠 顕一郎, 日本数学教育学会誌第78巻臨時増刊, 総会特集号, 高専・大学部会, p612, 1996
- 2) 田中 豊 脇本和昌, 多変量統計解析法, p71-74, 現代数学社, 1983
- 3) A.H. Stroud. Approximate Calculation of Multiple Integrals p32-33, p220-221 Prentice-Hall, 1971
- 4) 小松 勇作 特殊関数 p21-24, 近代数学講座9, 朝倉書店
- 5) 杠 顕一郎, 対称領域に対する7次の数値多重積分公式[1], [2] 久留米高専研究報告, 第20, 21号
- 6) 同上, 区分的 Hermite 補間とその数値積分への応用, 日本数学教育学会誌, 第65巻3号, 1983
- 7) 同上, ある種の無限多重積分の計算法について, 日本数学教育学会誌, 第70巻, 第11号, 1988
- 8) 溝畑 茂, 数学解析下巻, 朝倉書店(数理解析シリーズ1), p499-503, 1973

学 位 論 文

氏名(本籍) 松 永 崇(山口)
 学位記番号 九州大学 工博乙 第1298号
 学位授与の日付 平成10年 7月30日
 学位論文題目 冷媒の水平蒸発管内熱伝達に及ぼす混入油の影響

論文審査委員

(主査) 九州大学 教授 吉 田 駿
 (副査) 〃 〃 伊 藤 猛 宏
 〃 〃 藤 田 恭 伸
 〃 〃 古 川 明 徳

論文内容の要旨

蒸気圧縮式の冷凍機・空調機・ヒートポンプ中を循環するフロン系冷媒は一般に油を高度に溶解するため、蒸発器で沸騰・蒸発する冷媒液の中にも通常 0.1～8%程度の潤滑油が含まれている。冷媒に油が混入すると、物性値特に粘性係数と表面張力が大きく変わることで、油の蒸気圧は冷媒に比べて極めて低いので冷媒のみが蒸発するため液相中の物質拡散抵抗の影響が現れる可能性があることなどによって、純粋な冷媒の場合とは異なった伝熱特性を示すことが考えられる。水平蒸発管内の流動様式は気液が上下に分離した層状流や波状流となったり、環状流であっても管内面上の液膜厚さが管周方向に一様とはみなせない流れになり、このため熱伝達係数が管周方向にも異なってくる。このようなことは、冷媒の水平蒸発管内熱伝達に及ぼす混入油の影響を更に一層複雑なものにすると考えられるが、管周方向の熱伝達係数の変化を十分考慮した研究は皆無であり、一般的に適用可能な熱伝達係数の予測式がまだ確立されていない大きな原因の一つである。

本論文は以上のような背景のもとに、油を含む冷媒の水平平滑蒸発管内熱伝達に関して、その伝達特性と伝熱機構を特に管周方向の局所熱伝達係数に注目して明らかにし、一般的に適用可能な管周平均熱伝達係数の予測方法を提案したものである。更に、水平平滑蒸発管内の圧力損失および水平ら施溝付蒸発管の伝熱促進と圧力損失に及ぼす混入油の影響についても調べている。

第1章では、油を含む冷媒のプール核沸騰熱伝達および水平蒸発管内熱伝達に関する従来の研究を概観し、本研究を行う意義と目的を明らかにした。

第2章では、試験流体として冷媒 HCFC-22と冷

凍機油 Suniso 3GS の混合液を用いた実験装置、平滑蒸発管の実験方法およびデータ処理方法、特に局所熱伝達係数の管周方向分布を管外面温度の測定値から求める方法について述べた。

第3章では、平滑蒸発管における局所熱伝達係数の管周方向分布と管周平均熱伝達係数に及ぼす質量速度、熱流束、油質量分率、クオリティおよび管内径の影響を実験によって調べ、次の点を明らかにした。(1) 気液が上下に分離した流れになる低流量の場合、冷媒に油が混入すると、高クオリティ域を除くクオリティの広い範囲にわたって管周平均の伝熱が向上する。これは主としてフォーミングが生じることによって管内周上の液体でぬらされる面積の比率が増大するためである。伝熱向上の程度は、油質量分率および平均熱流束が大きいほど大きくなる。(2) 高流量になると、まだ完全な環状流ではない低クオリティ域では、上述の(1)と同様に、油混入によるフォーミングのために伝熱は向上するが、完全な環状流が形成されるあるクオリティ以上では、クオリティの増加とともに純冷媒の場合より管周平均の伝熱は次第に低下する。伝熱低下の程度は、油質量分率、クオリティ、平均熱流束および質量速度が大きいほど大きくなる。このような伝熱低下が生じる場合には、一般に管周上で熱伝達係数の分布が認められ、管頂側ほど低い値になっているが、この熱伝達係数の分布は熱流束が高いほど顕著になっている。

第4章では、油を含む冷媒の気液環状二相流における熱伝達に関して、強制対流蒸発伝熱モデルに基づく理論的検討を行い、上述の実験データとも比較して、次の諸点を明らかにした。(1) 液膜内の油濃度は半径方向にほぼ均一であり、熱伝達に及ぼす液膜内半径方向の物質拡散抵抗の影響は無視できる。(2) 低熱流束における冷媒・油混合液の伝熱低下は油混入による物性変化のみで説明できる。(3) 高熱流束の場合には、物性変化に加えて、液膜厚さが管周方向に不均一であるために生じる液膜内油濃度の管周方向分布が伝熱低下に大きい影響を及ぼす。すなわち、管頂側ほど液膜はより薄くなり、これに伴ってその液膜中の油濃度が高くなって、粘性係数の増大および気液界面温度の上昇により管頂付近の伝熱が急激に悪くなる。これにより管周平均熱伝達係数が著しく低下する。

第5章では、管内流沸騰のデータを解釈する基礎資料を得るために、水平上向き伝熱面を用いて、冷媒の液膜流沸騰熱伝達に及ぼす混入油の影響に関す

る実験を行った。その結果、油が混入した冷媒では、純冷媒よりも伝熱が向上することは認められず、液膜内の油質量分率の増加とともに常に熱伝達係数は低下すること、この低下は核沸騰の抑制が主な原因であることを明らかにした。

第6章では、一般的に適用可能な管周平均熱伝達係数の予測方法を次のように提案した。(1) 環状流領域においては、純粋なフロン系冷媒の熱伝達係数整理式を冷媒・油混合液に適用し、物性値の変化を考慮することに加えて、熱伝達の向上あるいは低下を再現する管周平均熱伝達係数予測式を作成した。(2) 分離流領域においては、管底側と管頂側の平均熱伝達係数およびこれらの境界角度の整理式を純冷媒の整理式に修正を加える形で作成した。これらの整理式からの算出値を管内面の境界条件に用いて、加熱条件に対応した管壁内熱伝導方程式を解くことにより管周平均熱伝達係数を求めることができる。

第7章では、沸騰流の圧力損失のデータに、非加熱摩擦損失の実験データおよび理論的検討を加えて、水平平滑蒸発管内圧力損失に及ぼす混入油の影響を明らかにし、圧力損失の予測方法についても検討した。

第8章では、水平に配置された内面ら旋溝付蒸発管内における油を含む冷媒の熱伝達に関する実験を行い、ら旋溝付蒸発管の伝熱特性、伝熱促進および圧力損失に及ぼす混入油の影響を明らかにした。

第9章では、本研究で得た結果を総括した。

論文調査の要旨

ヒートポンプおよび冷凍機は産業の各分野で広く用いられ、我々の身近では空調機として数多く利用されている。これらのヒートポンプや冷凍機の大部分は蒸気圧縮式と呼ばれる形式のものである。この形式のヒートポンプや冷凍機の内部を循環する冷媒には、圧縮機の形式や運転条件などによってその量は異なるが、通常0.1~8質量%程度の潤滑油が混入している。冷媒に油が混入すると、粘度と表面張力が大きく変わることで、実際上冷媒のみが蒸発して油は液相中に残るので液相中の物質拡散抵抗の影響が現れる可能性があることなどによって、ヒートポンプあるいは冷凍機の蒸発器と凝縮器において、純粋な冷媒の場合とは異なった伝熱特性を示すことになる。しかしながら、油を含む冷媒の伝熱特性と伝熱機構についてはまだ十分に明らかにされておらず、油の存在を無視してこれらの熱交換器の設計を行っているのが現状である。本論文は、蒸発器を対象と

して、油を含む冷媒の水平蒸発管内における伝熱特性と伝熱機構を解明し、その局所熱伝達係数を予測する方法を確立することを目的として行った研究をとりまとめたものである。

著者は、まず、試験流体として冷媒 HCFC-22 と冷凍機油 Suniso 3GS の混合液体を用いて、質量速度、熱流束、油質量分率、クオリティおよび管内径の種々の条件で実験を行い、平滑な蒸発管における管内周上の局所熱伝達係数を詳細に測定するとともに、流動様相を観察して、次の諸点を明らかにしている。冷媒に油が混入している場合には、気液界面付近にフォーミング（泡立ち）が生じる。このフォーミングは油質量分率および熱流束が高いほど激しくなる。気液が上下に分離した流れになる低流量あるいは低クオリティ域では、管周平均の熱伝達係数が純冷媒の場合よりも大きくなり、その程度は油質量分率および熱流束が高いほど大きい。この伝熱向上が認められるときには、管頂側の伝熱が悪い部分の管周上で占める比率が純冷媒の場合よりも小さくなっている。一方、完全な環状液膜が形成される環状二相流の場合の管周平均熱伝達係数は、純冷媒の場合よりも低くなる。この伝熱の低下は、クオリティおよび熱流束が高いほど顕著である。伝熱低下が著しい場合には、環状流であるにもかかわらず管周上で局所熱伝達係数の大きい分布が認められ、管頂側ほど低い熱伝達係数になっている。

ついで著者は、油を含む冷媒の気液二相流の伝熱モデルに基づく理論解析および水平上向き加熱面上の液膜流沸騰熱伝達の実験を行い、これらの結果および前述の熱伝達係数の管周上分布の測定結果と流動様相の観察結果をあわせて考え、上述の伝熱向上と伝熱低下の原因を解明している。すなわち、分離流の場合に伝熱が向上するのは、フォーミングによって管内周上の液体でぬらされる周長部分の比率が増大するためであること、環状流で伝熱が低下するのは、低熱流束の場合には粘度の増大に伴う液膜流の減速による伝熱抵抗の増大がその主因であること、高熱流束で高クオリティの場合に特に著しい伝熱低下が生じるのは、管頂側ほど薄い液膜になるために、その部分の油濃度が異常に高くなることに伴って、粘度が増大するのみならず、気液界面温度も上昇して、管頂側の伝熱が悪化するためであることを明らかにしている。

以上の結果を基にして、著者は、油を含む冷媒の管周平均（管軸方向局所）熱伝達係数の予測方法を提案している。この方法は著者らが別の研究で作成

した純冷媒の熱伝達予測式を油の影響を表す特性値で修正した式を用いるものであり、環状流領域と分離流領域に分けて予測するようになっている。この方法で予測される熱伝達係数の値は、著者自身の実験データのみならず、冷媒と油の種類が異なる他の研究者のデータとも良く一致しており、油を含む冷媒の水平蒸発管内熱伝達に一般的に適用可能な有用な方法であると考えられる。

更に著者は、伝熱促進管として用いられている内面から旋溝付管についても実験を行い、油を含む冷媒の場合の平滑管に対する溝付管の伝熱促進の程度を明らかにしている。また、伝熱の実験と同時に行った圧力損失の実験の結果から、平滑および溝付水平蒸発管内における油を含む冷媒の摩擦圧力損失の特性を明らかにしている。

以上要するに、本論文は冷媒の水平蒸発管内における熱伝達と圧力損失に及ぼす混入油の影響を明らかにし、その場合の伝熱機構を解明するとともに、熱伝達係数を精度良く予測する方法を提案したものであり、熱工学上寄与するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。

氏名(本籍) 江頭 成人(佐賀)
 学位記番号 佐賀大学 甲第107号
 学位授与の日付 平成11年3月23日
 学位論文題目 制御性能に基づくメカトロサーボ系の理論的設計に関する研究

論文審査委員

(主査) 佐賀大学 教授 中村 政 俊
 (副査) " " 信太 克 規
 " " 渡辺 桂 吾
 " " 助教授 後藤 聡

論文内容の要旨

産業用ロボット（多関節形ロボットなど）やNC工作機械（直交移動形NC工作機械など）を総称したメカトロサーボ系においては、作業端（end-effector）を目標軌跡に目標速度で追従させる輪郭制御が行われている。輪郭制御における制御性能の劣化は、加工物の精度や製品の強度などの品質に直接影響するので、要求される制御性能を実現できるメカトロサーボ系の構築は重要である。

メカトロサーボ系は機構部とモータ部とコントローラによって構成されていて、その設計指針としては、

高精度で安定かつ安価であることが望まれている。従来のメカトロサーボ系の設計方法においては、設計諸元に要求する制御性能が含まれていないため、設計し終ったメカトロサーボ系の制御性能が要求を満足するかどうかを調べなければならなかった。また、パラメータの決定における随所で試行錯誤の経験則が用いられていた。そこで、メカトロサーボ系のよりよい構築を行うには、要求する制御性能から出発して、要求する制御性能となるような適切なサーボモータを選択、適切な機構部の製作、適切なコントローラの設計を行うことが望まれている。

本研究においては、従来のメカトロサーボ系の設計法の欠点を排除した、メカトロサーボ系の理論的設計方法を提案する。設計諸元として負荷および作業内容に要求する制御性能を含め、それら二者から理論的にモータおよびコントローラを選択設計を行うことを提案する。ここでは、産業用メカトロニクス機器におけるメカトロサーボ系のモータおよびコントローラの理論的設計に主眼をおいているので、実機ですぐに応用することができるように、ハードウェアや制御系に変更を加えるのではなく、既存のハードウェアや制御系において、最大限の制御性能を引き出すことができる手法を提案する。

設計諸元として必要な負荷のパラメータは既知とし、作業内容は一般のメカトロサーボ系で良く用いられている位置のランプ入力、すなわち速度のステップ入力とする。要求する制御性能は、軌跡制御性能とし、サーボ系の追従の度合を表す位置ループゲインおよび速度ループゲインを与える。これらの値は、指令時間間隔ごとの軌跡むらおよび速度変動が許容範囲内であること、トルクなどの飽和を生じないことを考慮して決定する。これらの設計諸元を用いて理論的な設計を行うために、通常解析では1次モデル（作業速度が低速：モータの定格速度の1/20程度）や2次モデル（作業速度が高速：モータの定格速度の1/20～1/5程度）で表される場合が多いメカトロサーボ系をトルクや電流までも考慮した6次モデルで表す。そのモデルを基に、モータおよびコントローラのパラメータと制御性能の解析を行い、適切なパラメータを決定する。特に、小型化、軽量化できる、ケーブルを細くできる、電磁継電器が小さくできる、などの理由で、ロータイナーシャがなるべく小さなモータを選択することが求められている。しかし、イナーシャを小さくしすぎると、制御不能に陥ることが知られており、適切なイナーシャの設計は、産業界の大きな要求である。この適切な

モータのイナーシャを、6次モデルの安定判別を行うことによって決定する。

本論文の構成について述べる。2章では、メカトロサーボ系のモータやコントローラを設計するために、トルクや電流まで考慮した厳密モデルを構築する。構築した厳密モデルの妥当性を、産業界でメカトロニクス機器に用いられているモータとコントローラを用いた実験装置 DEC-1 による実験との一致性によって検証する。また、厳密モデルの極と零点を調べることによって、パラメータと制御性能の関係をみる。3章および4章ではメカトロサーボ系の要求制御性能を導出する。3章では、一軸ごとに発生する指令時間間隔ごとの速度変動とメカトロサーボ系のパラメータである速度ループゲインとの関係を、2章で構築した厳密モデルに条件を付して簡略化した2次モデルを用いて解析する。この関係を数式だけでなく、産業界で使いやすいようにグラフ化する。4章では、3章で述べた一軸において発生する指令時間間隔ごとの速度変動が多軸に組み合わされて発生する指令時間間隔ごとの軌跡むらとメカトロサーボ系のパラメータである位置ループゲインとの関係を、2章で構築した厳密モデルに条件を付して簡略化した1次モデルを用いて解析する。同様に、この関係を数式だけでなく、産業界で使いやすいようにグラフ化する。これらの章で求められた速度ループゲインと位置ループゲインが要求する制御性能である。5章では、まず制御性能とメカトロサーボ系のパラメータとの関係を導出する。2章で構築した厳密モデルを理論的に解析することによって、制御性能とメカトロサーボ系のパラメータであるモータイナーシャの関係を導出する。モータイナーシャは、先に述べたようになるべく小さい方が良いが、小さすぎると不安定になるため、その関係をラウスの安定判別法を用いることによって解析する。6章においては、本論文の中心である要求制御性能に基づくメカトロサーボ系の理論的設計法を提案する。3章と4章で求めた要求する制御性能を満足するように、5章で求めた関係式を用いて、適切なイナーシャを持つモータを選択し、望みの制御性能を持ったメカトロサーボ系を構築する。最後に7章で結論を述べる。

審査結果の要旨

本研究はロボットや工作機械を総称したメカトロサーボ系に関して、産業界で実際に生じている幾つかの問題を理論的に解明し、サーボコントローラ設

計および使用モータの適正選定に言及したものである。メカトロサーボ系のサーボコントローラ設計に関するほとんどすべての問題は、ほとんどすべて産業界で解決済みであるとロボット本体に興味を抱いている研究者やロボットのユーザには誤解されることが多い。しかし現実には、サーボコントローラ設計に関しては、産業界では遭遇した問題点に対して設計者や技術者の試行錯誤を伴う経験と勘に頼った対策によって、かろうじて世の中の要求に应付しているということを安川電機の久良修郭顧問から聞き及び、10余年前から共同研究を開始した。共同研究では、産業界で遭遇する問題点の本質を論理的に数学的に解釈して定式化し、その導出された式を解き、その結果の正当性を実機で検証を済ませることによって、有用な事項が数多くでてきた。この密なる議論を重ねて得られた共同研究の成果は、今迄はノウハウの名の下に不透明であったサーボコントローラ設計に関する技術を、白日の下に明らかにしてきたことである。本学位論文の研究は、この共同研究の一部である。

サーボコントローラで、指令生成部がデジタル的に行われるとき、ある一定の指令時間間隔ごとに目標軌道が離散的階段関数値になる。本論文では、メカトロサーボ系内で発生する速度変動と軌跡むらそれぞれと指令時間間隔との理論的關係式を導き、現実にロボットの動作で生じている速度変動と軌跡むらの実験値と非常によく一致する理論結果を得た。その理論と実際の一致性の根源は、メカトロサーボ系の数式モデル作りにある。この数式モデルは、解析目的に合うよう現象の本質を捉え、かつ解析が容易なことも配慮して導いた線形1次あるいは2次の微分方程式の形を有する。ここで取り扱った速度変動と軌跡むらは、サーボコントローラの位ループゲイン、速度ループゲインと関係がある。またもう一つ他の成果としては、モータの慣性モーメントの大きさと必要トルクとの関係を、線形6次モデルで表現して、このモデルの安定性の解析を行うことによって目的を達した。以上の、位置ループゲイン、速度ループゲイン、モータの慣性モーメント等はいずれもサーボコントローラおよびモータ選定における重要な設計パラメータである。ここで得られた理論的結果を用いることにより、従来は試行錯誤的要素が強かったコントローラおよびモータ選定が、論理的に設計仕様を決めることに貢献する。

本論文では、以上の得られた理論的結果に関する要素を組み合わせ、制御性能に基づくメカトロサー

ボ系を理論的に設計するという立場から話の筋を通じたもので、学問的価値と共に実用上の貢献があるものと思われ、本論文を博士論文として合格と判定する。

氏名(本籍) 中坊 滋一(京都)
 学位記番号 九州大学
 数理博乙第23号
 学位授与の日付 平成11年3月25日
 学位論文題目 A Study on the Morse
 Theoretical Construction of
 the Link Invariants through
 Quantum Groups
 (量子群を用いた絡み目の不変
 量のモース理論的構成に関する
 研究)

論文審査委員

(主査) 九州大学 教授 加藤 十吉
 (副査) 〃 講師 横田 佳之
 〃 〃 〃 高田 敏恵

論文内容の要旨

結び目理論における多項式不変量の研究は、1985年に発表された Jones 多項式の発見以来、様々な分野との結びつきが明らかにされながら、急速に進歩して続けている。Kauffman 多項式, HOMFLY 多項式といった, Jones 多項式のいくつかの一般化が可能なが示される一方で, これらの不変量の構成方法についても, 多種多様な観点からのアプローチが現れた。そこには位相幾何学のみならず, 関数解析, 組み合わせ論, 表現論, 数理物理等々の様々な分野を巻き込んだ, 誰も予期できなかった新しい世界があった。

本論文は, これら多くの不変量の構成法の中の一つ, モース理論的見地に量子群の表現論を応用して不変量を構成する方法に焦点を絞り, そのいくつかの拡張と応用について研究した。以下で, 本論文の構成を述べる。

Turaev は, 論文『The Conway and Kauffman modules of solid torus with appendix of the operator invariants of tangles』の中で, 量子群 $Uq(sl(m, C))$ のベクトル表現を用いてソリッド・トーラスの中に埋め込まれた向きの付いた絡み目の不変量が構成できることを示した。本論文ではまず, この Turaev の方法を拡張し, ハンドルボディ

(種数 n の閉リーマン面の中身が詰まったもの) 内に埋め込まれた枠付き絡み目の不変量を, 量子群 $Uq(sl(2, C))$ の spin j 表現を用いて構成する。ここで, ハンドルボディ内の絡み目の不変量とは, 絡み目の位相型だけではなく, ハンドルボディへの埋め込まれ方に依存するパラメータをもっているという意味を含んでいる。有名な Jones 多項式, Kauffman 多項式といった不変量は, 3次元球面内の絡み目に対し定義された。 $Uq(sl(m, C))$ のベクトル表現を用いた Turaev の方法では, m を大きくしていっても本質的に Jones 多項式をソリッド・トーラスに拡張したものしかでてこないが, ここで構成された不変量は $j=1/2$ のとき Jones 多項式を, $j=1$ のとき Kauffman 多項式を拡張したものになっている。つまり, $Uq(sl(2, C))$ の spin j 表現を用いることで, 両方の不変量を同時に拡張する不変量を得ることができる。更に応用として, この不変量の構成法で用いた線形写像をソリッド・トーラスに埋め込まれたタングルに適用すると, 一般化された組み紐群と呼ばれる群の線型表現が得られることを示した。これまで, この群の性質について論じた文献はあまりみられない。具体的な表現を与えたことは意義があると考えられる。

次にこの構成法をソリッドトーラスの場合に制限した上で更に一般化する。上の構成法では, spin j に依存した階層的な不変量の族が得られるが, この一般化により, どのレベルの不変量も $j=1/2$ における不変量が満たす1つの関係式と, このときの初期値の列を与えることにより計算できることを示した。この初期値の列とは, ソリッド・トーラスの基本群の生成元に対応する結び目に対する不変量の値であるが, これらを統一的に具体的な式で表示する事に成功した。これまでこの不変量の具体例を計算するためには, 一般に非常に大きなサイズの行列を扱わねばならず, 計算機に大きな負荷をかけるため, 少し複雑になると現実問題としてはほとんど計算不能であった。この結果を用いることにより, 計算に要する困難がかなり軽減されることとなった。

ソリッド・トーラス内の絡み目は自然に, 1-trivial dichromatic 絡み目 (3次元球面内の絡み目で成分の1つが結ばれていないもの) と呼ばれる絡み目と同一視できる。Hoste と Kidwell は, このクラスの絡み目を分類するために使える, それまでに知られていた不変量を統合する最も一般的な形の不変量を定義した。一方, 前述の結果の証明の中で用いたアイデアを応用すると, Hoste と Kidwell

の不変量が満たす関係式に対応する類似の関係式を我々の不変量も満たしていることが示せる。しかしながら、簡単な観察によって、我々の不変量は、Hoste と Kidwell の不変量に含まれるパラメータを特殊化することでは得られないことがわかる。つまり、我々の不変量は、彼らのものとは独立な、新種の不変量であることがわかった。

最後に、任意の 2 橋結び目・絡み目に対して、その HOMFLY 多項式を具体的に表示している 1 つの公式を与える。これまでも、これらを計算するためのアルゴリズムについての仕事は、Lickorish 等によるものがあつたが、ここで与えられるような具体的に表示された式はこれまで知られていないと思われる。この公式の証明自体は本論文のテーマとは独立した形で与えられるが、この結果を予想するために、初めに述べた Turaev の方法を用いて実験を行っている。この結果は我々の方法の予想外な応用の成果といえるであろう。HOMFLY 多項式には 2 つのパラメータが含まれる。そのうちの 1 つの文字について整理したときの係数多項式は、その一部のものについては幾何学的な意味付けを与えられるこ

とがこれまでに知られている。ここで得られた公式は、この係数多項式を完全に決定している。これまでの結果との関連付け及びそれらの一般化が今後期待される。

審査結果の要旨

申請者は、Turaev の方法を拡張し、handlebody 内の枠付き絡み目不変量を量子群 $Uq(sl(2,C))$ の spin j 表現を用いて構成し、しかも、 $j=1/2$ のとき、Jones 多項式を、 $j=1$ のとき、Kauffman 多項式をそれぞれ拡張したものになっていることを示した。

また、ソリッドトラス内のタングルにその方法を適用し、一般化された組み紐群の線形表現を得た。こうした知見に基づき、2 橋結び目・絡み目の HOMFLY 多項式を具体的に明示する公式を与えた。

これらの成果は結び目理論における重要な貢献であり、価値ある業績と認められる。よって本研究者は博士（数理学）の学位を受ける資格のあるものと認められる。



平成10年度中に発表した論文及び講演題目

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
紙の乾燥過程における温度分布と水分率分布の予測	柳 謙一*1 (九大工)	日本機械学会論文集 B 編, 64巻625号 (1998年 9月)
	星 要之介 (三菱重工株広島研究所)	
	久野 広明 (三菱重工株広島研究所)	
	竹下 和子 (三菱重工株広島研究所)	
	橋本 律男 (三菱重工株広島研究所)	
	吉田 駿 (九大工)	

機 械 工 学 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
深い切欠を有する試験片の曲げとその逆解析によるブリッジング応力の評価	森 和也	日本機械学会論文集 A 編, 64巻621号 (1998年 5月)
	橋村 井	
	今井 中	
	田山 智彦 (ノリタケダイヤ)	
A Study on Finish Hobbing with Carbide Hob	Masataka Yonekura Kisaburo Nagano Isao Sakuragi	JSME International Journal, Vol. 41, No.2 (1998. 6)
トルクと圧縮力の同時負荷によるボルト締付力の新しい検出法	森 和也	日本機械学会論文集 A 編, 64巻622号 (1998年 6月)
	村 上	
	橋井 井 悟	
多結晶セラミックスの破壊のモデルと破壊じん性値の確率分布の予測	森 和也	材料, 47巻 6号 (1998年 6月)
	野口 博司 (九大工)	
冷媒の水平蒸発管内熱伝達に及ぼす混入油の影響	松 永 崇	九州大学学位論文 (1998年 7月)
水蓄熱システムの研究 (直接接触法による製氷過程)	平 啓 男 松 本 健一	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 1号 (1998年 9月)
油を含む冷媒の水平蒸発管内熱伝達係数の予測式	松 永 崇 吉 田 駿 (九大工)	日本冷凍空調学会論文集, Vol.15, No.4 (1998年11月)
水蓄熱システムの研究 (食堂冷房システムの開発)	平 啓 男 松 本 健一 山下 友健 江 崎 司*2	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 2号 (1999年 2月)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
多結晶セラミックスの自然欠陥からのき裂進展	森 和也 野口 博司 (九大工)	日本機械学会第75期通常総会講演会 (1998年 4月)
生体の凍結挙動に及ぼす超音波の影響	平 啓 男 松 本 健一	第35回日本伝熱シンポジウム (1998年 5月)
アルミナセラミックスにおけるブリッジング特性と結晶粒径との関係	森 和也 橋村 井 悟 今井 中 武 藤 睦 治 (長岡技大)	日本機械学会九州地方講演会 (1998年 7月)
CAD/CAM/CAE Education for Industrial Technology	廣 尾 靖 彰	PIT-JICA 1 st Joint Seminar on Mechatronics for Industry (1998. 7)

*1現 久留米高専

*2専攻科学生, 現 西部技研(株)

新しい歯車技術	米 倉 將 隆	日本機械学会・機素潤滑設計部門講習会, No.98-48 (1998年12月)
新しい歯車技術 (ホブ切り加工を中心として)	米 倉 將 隆	中部歯車懇話会, 平成10年度歯車シンポジウム (1999年 2月)
高能率ホブ切りに関する研究	{ 彌 吉 悟*1 米 倉 將 隆 永 野 喜 三 郎	日本機械学会九州学生会, 第30回学生員卒業研究発表講演会 (1999年 3月)
ねじ状 CBN 砥石の耐久性	{ 三 根 陽 介*2 米 倉 將 隆 永 野 喜 三 郎	日本機械学会九州学生会, 第30回学生員卒業研究発表講演会 (1999年 3月)

電 気 工 学 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
A Training System to Improve the Usefulness of Hearing Aids	{ Takashi Ikeda Akira Watanabe (Kumamoto Univ.) Mitsuaki Hino (Kumamoto Univ.) Yuichi Ueda (Kumamoto Univ.)	16 th INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS PROCEEDINGS VOLUME 1 (JUNE 1998 · SEATTLE, WASHINGTON)
久留米絛緯くくり機の開発	{ 大 淵 豊 今 井 良 西 出 博 南 見 兼 奥 園 中 田 森 義 森 美 彦	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第1号 (1998年 9月)
電子・イオンビームハンドブック第3版 (4.2.1高ピービアン型 pp.134-143)	杉 森 欣 三 (分 担 執 筆)	日本学術振興会第132委員会編, 日刊工業新聞社 (1998年10月)
SPS システム用 RF-DC エネルギー変換電子管	{ 杉 森 欣 三*4 上 田 裕 人	電子情報通信学会技術研究報告, Vol.98, No.46/7, pp.81-87 (1998年12月)
Effect of laser-induced dissociation of SiH ₃ radicals in SiH ₄ plasmas during atomic hydrogen measurements using laser-induced fluorescence by a two-photon excitation	{ K. Miyazaki Y. Mishiro (Kyushu Univ.) T. Kajiwara (Kyushu Univ.) K. Uchino (Kyushu Univ.) K. Muraoka (Kyushu Univ.) T. Okada (Kyushu Univ.) M. Maeda (Kyushu Univ.)	Journal of Vacuum Science and Technology A, Vol.17, No.1 (January/February, 1999)
SPS システム用 RF-DC エネルギー変換電子管	{ 杉 森 欣 三 大 崎 邦 倫*4 上 田 裕 人	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第2号, pp.7-12 (1999年 3月)
表計算ソフト「エクセル」を用いて差分方程式を解く	杉 森 欣 三	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第2号, pp.57-60 (1999年 3月)
多層高次神経回路網の能力に関する一考察	{ 馬 立 新 (鹿 児 島 大 学) 小 田 幹 雄 宮 島 廣 美 (鹿 児 島 大 学)	電気学会論文誌 C, Vol.119-C, No.3 (1999年 3月)
教育用電子計算機システムの構築と運用 (教育研究報告)	{ 小 田 幹 雄 馬 場 隆 男 栗 原 龍 一 江 頭 人 松 本 成 一 大 淵 健 一	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第2号 (1999年 3月)

*1専攻科学生, 現 九大総理工学生
 *2専攻科学生, 現 九大総理工研究生
 *3前 久留米高専
 *4専攻科学生, 現 日本放送協会

講演題目	氏名	発表した学会・講演会名(年・月)
Adaptive Higher Order Neural Networks	M. Oda L. Ma (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.)	The 1998 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (July, 1998)
音声画像で聴覚の手がかりを強化する聴能訓練とその効果	池田 隆彦 (熊本大学) 高山 和彦 (熊本大学) 高渡 裕亮 (熊本大学) 上田 裕市 (熊本大学)	日本音響学会平成10年度秋季研究発表会(1998年9月)
Diagnosis of Injury by Salt for Distribution Lines by Neural Networks	L. Ma (Kagoshima Univ.) M. Oda (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.)	1998 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (Sept., 1998)
SPS システム用 RF-DC エネルギー変換管(その2)	上田 裕人*1 大崎 邦三 杉森 欣三	平成10年度電気関係学会九州支部連合大会論文集956 (p.536) (1998年10月)
単共振分解方式補聴器の実用化研究用信号処理基板の開発	飯塚 祐典*2 池田 隆亮 (熊本大学) 高渡 裕亮 (熊本大学)	電気関係学会九州支部第50回記念連合大会(1998年10月)
高次ニューラルネットワークの構造決定に関する一考察	馬立 新 (鹿児島大学) 小田 幹雄 (鹿児島大学) 宮島 廣美 (鹿児島大学)	電気関係学会九州支部第50回記念連合大会(1998年10月)
聴覚障害者の聴き取り改善に対する文字と音声画像の併用効果の比較	池田 隆彦 (熊本大学) 高山 和彦 (熊本大学) 高渡 裕亮 (熊本大学) 上田 裕市 (熊本大学)	日本音響学会1999年春季研究発表会(1999年3月)

制御情報工学科

論文題目	氏名	発表した誌名, 巻・号(年・月)
半速同期式ブラシレス DC モータの特性	川口 武実 (長岡技術科学大学) 平石 大慎 (九州電気専門学校) 寺尾 慎寿 野中 作太郎	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻1号(1998年9月)
メカトロサーボ系の指令時間間隔ごとの過渡的速度変動の解析	江頭 成人 (佐賀大学) 中村 政俊 (近畿大学) 久良 修郭	計測自動制御学会論文集, 第34巻第10号(1998年10月)
2年次における創造性教育の導入	福田 幸一 熊丸 憲男	論文集「高専教育」, 第22号(1999年3月)

講演題目	氏名	発表した学会・講演会名(年・月)
Classification of Mental Cutting Test Knowledge Based on Descriptive Geometry	T. Ezaki (Fukuoka Univ.) N. Ohtsuki (Kyushu Univ.) D.R. Short (Purdue Univ.) S. Nagae (Kurume Institute of Technology) K. Irie (Fukuoka Univ.) K. Fukuda	8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry (1998. July)
View Variation and Their Effect on Student Solution to Transformation Problems—Part 3. Effect of Right Side and Left Side Views—	S. Nagae (Kurume Institute of Technology) D.R. Short (Purdue Univ.) N. Ohtsuki (Kyushu Univ.) K. Fukuda K. Irie (Fukuoka Univ.) T. Ezaki (Fukuoka Univ.)	8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry (1998. July)

*1専攻科学生, 現 日本放送協会

*2専攻科学生, 現 日通工(株)

A Methodology for Reduction Gears Machine Design Using 3D CAD in an Engineering Graphics Course	{ K. Fukuda T. Ezaki (Fukuoka Univ.) K. Irie (Fukuoka Univ.) S. Nagae (Kurume Institute of Technology) D.R. Short (Purdue Univ.) N. Ohtsuki (Kyushu Univ.)	8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry (1998. Aug)
Evaluation of Graphical User Interface in 3D Computer Graphics Software for Descriptive Geometry Education: A Comparison of Solution Methods	{ N. Ohtsuki (Kyushu Univ.) T. Ezaki (Fukuoka Univ.) D.R. Short (Purdue Univ.) S. Nagae (Kurume Institute of Technology) K. Fukuda K. Irie (Fukuoka Univ.)	8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry (1998. Aug)
Development of CAI System for Graphics Instruction of Transformation Problem on Windows	{ K. Irie (Fukuoka Univ.) S. Nagae (Kurume Institute of Technology) D.R. Short (Purdue Univ.) N. Ohtsuki (Kyushu Univ.) K. Fukuda T. Ezaki (Fukuoka Univ.)	8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry (1998. Aug)
コーティング超硬ホブによる小モジュール高硬度歯車の高能率加工	{ 桜木 功 米倉 隆 角 昌 朝倉 俊 田中 義 津村 恭	(株)カシフジ (株)不二越 (鈴木工機(株)) 日本機械学会, 岡山地方講演会 (1998年10月)
不応期を有するニューラルネットワークの競合学習	{ 前田 道治 宮島 廣美 (鹿児島大学)	電気関係学会九州支部連合大会 (1998年10月)
生成による自己組織化を用いた巡回セールスマン問題の解法	{ 塚本 洋介*1 前田 道治 宮島 廣美 (鹿児島大学)	電気関係学会九州支部連合大会 (1998年10月)
デジタルボロノイ図の作成に関する検討	{ 寺崎 伸行*2 前田 道治 宮島 廣美 (鹿児島大学)	電気関係学会九州支部連合大会 (1998年10月)
メカトロサーボ系の制御性能に基づいたモータパラメータの理論的決定	{ 江頭 成 人 中村 政 俊 後藤 藤 聡 久 良 修 郭 (佐賀大学) (佐賀大学) (近畿大学)	第17回計測自動制御学会九州支部学術講演会 (1998年12月)



工業化学科

論文題目

氏名

発表した誌名, 巻・号 (年・月)

Separation of cobalt and nickel by liquid surfactant membranes containing a synthesized cationic surfactant.	{ 梶 隆彦 (株九州石油) 浦津代志 (九大院工) カサニヘンリー (九大院工) 後藤 雅宏 (熊本工大) 中 塩 文 行	Sep. Sci. Technol., 33巻 8号 (1998年4月)
ニトリルゴムの加硫反応中の電流および誘導正接の即時測定	{ 権藤 豊彦 (株JSR) 松岡 友貴子 (九州ゴム機材(株)) 藤岡 井 道三郎 森 哲 夫	日本ゴム協会誌, 71巻 5号 (1998年5月)
Effect of sodium ions on the extraction of rare earth metals by liquid surfactant membranes containing a calix [4] arene carboxyl derivative.	{ 梶 隆彦 (九大院工) 大西 鳥達孝也 (株日揮) 久保 依田富生子 (九大院工) 後藤 藤海征文 (九大院工) 中 塩 文 行 (熊本工大)	J. Membrane Sci., 143巻 1号 (1998年5月)

*1専攻科学生, 現 北陸先端科学技術大学院大学

*2専攻科学生

- | | | |
|---|---|---|
| Liquid-liquid extraction of metal ion with a cyclic ligand calixarene carboxyl derivative. | 梶藤久保後新中
田藤海塩
隆俊富生征文
彦和子宏治行
(株)三菱化学
(九大院工)
(九大院工)
(九大院工) | Anal. Sci., 14巻6号 (1998年6月) |
| 高専シンポジウムを企画して | 鳥鎌中谷柿小
井田篤口並田
昭吉之宏明平
美助之宏明平
(宇部高専)
(米子高専) | 平成10年度工学・工業教育研究講演会
講演論文集 (1998年7月) |
| 佐賀県技術者の活性化をめざす科学技術セミナーを企画して | 鳥中鎌加谷
井田藤口
昭裕吉之助文宏
美之助文宏
(宇部高専)
(米子高専) | 平成10年度工学・工業教育研究講演会
講演論文集 (1998年7月) |
| Silver-mediated separation of polyunsaturated fatty acids by oil-in-water emulsion liquid membranes. | 梶浦久保後古中松寺
池田藤崎塩山本
隆亜富生新太郎行人明
彦樹子宏明平行人明
(久留米市役所)
(九大院工)
(九大院工)
(九大院工)
(熊本工大)
(京都工繊大)
(京都工繊大) | 膜, 23巻4号 (1998年7月) |
| 低速型二軸混合機の混合分散について | 藤道治 | 平成10年度化学工学会ミキシング技術特別研究会夏期セミナー—戦略化・精鋭化するミキシングへのいざない—テキスト (1998年8月) |
| Reduction of 9-substituted acridines with nickel-aluminum alloy. | K. Kamata
Y. Tominaga
A. Torii
T. Thiemann
S. Mataka
(Kyushu Univ.)
(Kyushu Univ.) | Heterocycles, Vol.48, No.8 1998 (1998. 8) |
| 第6回科学技術セミナー・ハイテクノロジーの現状・新素材アラカルト—情報・液晶・フィルター・新薬開発— | 鳥鎌中加
井田篤藤
昭吉之裕秀
美助之文 | 久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第1号 (1998年9月) |
| 第7回科学技術セミナー・ハイテクノロジーの現状・極地から! 深海から! 地球環境への提言 | 鳥井昭美 | 第7回科学技術セミナー (1998年9月) |
| 密閉型二軸混合機の混合特性 | 藤道治 | 第59回ゴム技術シンポジウムゴム練りの将来像—21世紀を見すえて—テキスト (1998年9月) |
| 可溶性ポリイミド (3)—光反応性溶媒可溶性ポリイミド— | 津田祐輔 | 久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第1号 (1998年9月) |
| 第8回九州地区高専フォーラム | 鳥井昭美 | 八代工業高等専門学校 (1998年12月) |
| Rare earth metal extraction by liquid surfactant membranes containing a calixarene carboxylate derivative: Permeation acceleration effect of sodium ions. | 大梶久大後中
鳥田渡藤塩
達隆富生啓雅文
也彦子介宏行
(九大院工)
(九大院工)
(佐賀大理工)
(九大院工)
(熊工大) | Sep. Sci. Technol., 33巻13号 (1998年12月) |
| Growth-stimulation of Bifidobacterium by natural rubber serum powder. | K. Sonomoto
S. Etoh
H. Oiki
A. Ishizaki
(Kyushu Univ.)
(Kyushu Univ.)
(Kyushu Univ.)
(Kyushu Univ.) | Annals of the New York Academy of Sciences, Vol.864, No.13 (1998. 12) |
| 第4回高専シンポジウム | 鳥井昭美 | 鈴鹿工業高等専門学校 (1999年1月) |

*1前 久留米高専

10-Hydroxy-7-arylindeno [1,2-b]-1,2,5 oxadiazolo [3,4-d] pyridines and 7-aryl-10-oxoindeno [1,2-b]-1,2,5 oxadiazolo [3,4-d] pyridines-Synthesis, spectra, and polymorphism. { S. Mataka (Kyushu Univ.)
H. Gorohmaru (Kyushu Univ.)
T. Thiemann (Kyushu Univ.)
T. Sawada (Kyushu Univ.)
K. Takahashi (Shimane Univ.)
A. Torii

Heterocycles, Vol.50, No.2 1999 (1999. 2)

ゴム練り (素練りと混練り) について

藤 道 治

試験用ゴムロール一式に関する研修会
テキスト(株)久留米リサーチパーク「ものづくり試作開発支援センター整備事業」(1999年2月)

九州横断大気環境計測ネットワークによるエアロゾル観測

坂加鎌中井小下谷古岩 { 翁介文助之^{*1}
藤田吉裕之^{*2}
中上川川口池坂 { 藤田雄昌^{*3}
井小下谷古岩 { 下谷宏生^{*4}
古岩 聖生 (名大 STE 研)
岩 泰 信 (名大 STE 研)

J. of Eco. Tec. Res., Vol.5 No.1 (1999. 2)

講 演 題 目

氏 名

発表した学会・講演会名 (年・月)

ゴムの加硫反応の電氣的即時測定 (7)	森権松山藤岡	哲 夫	(株)JSR	日本ゴム協会創立70周年記念年次大会 (1998年5月)		
		藤岡川			友貴子	(ユニ・スター(株))
		井 道			大治郎	(九州ゴム機材(株))
密閉型二軸混合機の混合特性	藤森倉三	道 治	(住友重機械工業(株))	日本ゴム協会創立70周年記念年次大会 (1998年5月)		
		藤 豊			彦 夫	(住友重機械工業(株))
長鎖アルキルを有する芳香族ジアミン類を用いた可溶性ポリイミド	津 田	祐 輔		第47回高分子学会年次大会 (1998年5月)		
環境問題に対する生化学的アプローチ	笈 木	宏 和		エラストマー研究会 (1998年5月)		
エチレングリコール+エーテル系の相互溶解度の測定と相関	東坂渡荒	内 秀	(有 明 高 院 工)	化学工学会富山大会 (1998年7月)		
		口 雄			一郎 ^{*5}	
低速度型二軸混合機の混合分散について	藤 道	道 治		平成10年度化学工学会ミキシング技術特別研究会夏期セミナー—戦略化・精鋭化するミキシングへのいざない— (1998年8月)		
		道 治				
九州横断大気環境計測ネットワークによるエアロゾル観測	坂加鎌中井小下谷	翁介文助之 ^{*1}		第15回エアロゾル科学・技術研究討論会 (1998年8月)		
		藤田吉裕之 ^{*2}				
		中上川川口池坂 { 藤田雄昌 ^{*3}				
		井小下谷古岩 { 下谷宏生 ^{*4}				
地衣類遺伝子抽出法と抽出遺伝子活用の展望	宮 脇	博 巳 (佐 賀 大)		日本地衣類研究会第27回大会 (1998年8月)		

*1 本学科学学生, 現 広島大

*2 本学科学学生, 現 九州大

*3 本学科学学生, 現 大阪生堂(株)

*4 前 久留米高専

*5 専攻科学学生

低速型二軸サンドミルの粉碎性能 (1)	{ 権藤 豊彦 (株)ニシヨリ 土持 克道 藤森 哲夫 (昭栄化学工業(株)) 手飯 柴敏 (アシザワ(株)) 楠 岡正真 (アシザワ(株))	化学工学会第31回秋季大会 (1998年9月)
密閉型二軸混合機の混合特性	{ 藤 道 治	第59回ゴム技術シンポジウムゴム練りの将来像—21世紀を見ずえて— (1998年9月)
新規芳香族ジアミンモノマーの合成とポリイミドへの応用	{ 津 田 祐 輔	第47回高分子討論会 (1998年10月)
エーテル—メタノール—アルカン系液液平衡のASOGによる相関	{ 渡 辺 徹 (有明高専) 東 内 秀 (九大院工) 本 田 克 (九大院工) 荒 井 康 彦 (九大院工)	化学工学会沖縄大会 (1998年11月)
Dynamics of ion-pair intermediate. The solvolysis of 1-phenylethyl thionobenzoates.	{ Y. Tsuji J.P. Richard (New York State University at Buffalo)	26th Ontario-Quebec Physical Organic Minisymposium (1998. 11)
二機能性界面活性剤を利用した抽出	{ 梶 隆彦*1 時 川 大雅 (九大院工) 後 藤 宏	化学工学会沖縄大会 (1998年11月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第77報) 5,8-ジアザ-13,14-ジ置換ペンタフェン類の合成と光学分割	{ 鳥 井 昭 美*2 渡 辺 正 誠*3 吉 廣 野 紀 三 杉 中 富 裕 洋 一 鎌 田 吉 之 助	第4回高専シンポジウム (1999年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第78報) 種々の9-メチルアクリジン誘導体の合成と反応	{ 鳥 井 昭 美*4 梅 谷 川 直 人*5 杉 野 紀 三 中 富 裕 洋 一 鎌 田 吉 之 助	第4回高専シンポジウム (1999年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第79報) プロモアクリジンのラネー合金を用いた還元反応	{ 鎌 田 吉 之 助*2 熊 添 主 洋 一 富 永 井 昭 美 鳥 又 賀 駿 太郎 (九大機能研)	第4回高専シンポジウム (1999年1月)
芳香族ジニトロ化合物の還元による芳香族ジアミンモノマーの合成	{ 鎌 田 吉 之 助*2 今 永 祐 孝 輔 津 田 祐	第4回高専シンポジウム (1999年1月)
チオフェン誘導体の合成と蛍光特性	{ 古 川 陽 平*6 加 藤 秀 文 泉 宮 本 口 陽 一 谷 陽 一	第4回高専シンポジウム (1999年1月)
2-ヒドロキシ-3-(2-ピリジル)-4-キノリジン誘導体の合成と物性	{ 梅 野 邦 治*7 加 藤 秀 文 泉 宮 本 口 陽 一 谷 陽 一	第4回高専シンポジウム (1999年1月)
可溶性ポリイミドの諸物性	{ 平 田 和 彦*8 津 田 祐 輔	第4回高専シンポジウム (1999年1月)

*1 本学科学学生, 現 豊橋技科大

*2 専攻科学学生

*3 本学科学学生, 現 (株)ニシヨリ

*4 本学科学学生, 現 大阪大

*5 本学科学学生, 現 東レ(株)

*6 専攻科学学生, 現 昭栄化学(株)

*7 専攻科学学生, 現 九大機能研

*8 本学科学学生, 現 久留米高専専攻科

3,5-ビス(4-アミノフェノキシ)ベンゼン類を用いる可溶性ポリイミドの合成	古津 賀田 岳夫 ^{*1} 田 祐 輔	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
分岐したアルキル基を有する可溶性ポリイミドの合成に関する研究	真津 部田 知幸 ^{*2} 田 祐 輔	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
側鎖に置換基を有する可溶性ポリイミドの合成 (1)	鐘江 健一 ^{*3} 安河内 智志 ^{*2} 津田 祐 輔	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
側鎖に置換基を有する可溶性ポリイミドの合成 (2)	安河内 智志 ^{*2} 鐘江田 健一 ^{*3} 津田 祐 輔	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
地衣類の遺伝的解析 (Ⅲ)	中片 篤山 裕之 ^{*4} 宮山 脇博 聡巳美 (佐 賀 大) 鳥井 昭 昭	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
地衣類の遺伝学および生理学的解析	中 篤山 裕之 ^{*5} 亀崎脇井 之一巳美 (佐 賀 大) 宮鳥井 昭 昭	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
大気エアロゾルの研究 (その 1) —大気中の硝酸イオンの挙動—	鎌田 吉之助 ^{*6} 小坂川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研) 加中 藤上 文太 ^{*7} 井下 篤川 吉之助 ^{*6} 岩古 川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研)	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
大気エアロゾルの研究 (その 2) —大気中の硫酸イオンの挙動—	加井 藤上 文太 ^{*7} 坂上 雄翁吉之助 ^{*6} 鎌田 篤川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研) 中小 篤川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研) 下岩古 川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研)	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
大気エアロゾルの研究 (第 3 報)	下中 川 優理 ^{*8} 坂篤脇 裕翁吉之助 ^{*6} 鎌田 藤上 文太 ^{*7} 加小井 川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研) 岩古 川 昌翁秀裕雄優泰聖 (名 大 STE 研)	第 4 回高専シンポジウム (1999年1月)
側鎖に長鎖アルキル基を有する可溶性ポリイミド	津 田 祐 輔	文部省科学研究員補助金特定領域研究「新高分子ナノ組織体」第 6 回公開シンポジウム (1999年1月)
ゴム練り (素練りと混練り) について	藤 道 治	試験用ゴムローラー式に関する研修会 (株)久留米リサーチパーク「ものづくり試作開発支援センター整備事業」(1999年2月)

*¹ 研究生, 現 豊橋技科大
 *² 本学科学生, 現 久留米高専専攻科
 *³ 専攻科学生
 *⁴ 専攻科学生, 現 九州大
 *⁵ 専攻科学生, 現 鹿児島大
 *⁶ 本学科学生, 現 九州大
 *⁷ 本学科学生, 現 広島大
 *⁸ 本学科学生, 現 大阪資生堂(株)

6-アリアル-4, 7-ビス (2-チエニル)-1,2,5-オキサジアゾロ [3,4-d] ピリジン類の合成と発光スペクトル	{ 五郎丸 英 貴 (九 大 機 能 研) 澤 田 剛 (九 大 機 能 研) Thiemann Thies (九 大 機 能 研) 又 賀 駿 太郎 (九 大 機 能 研) 高 橋 和 文 (鳥 根 大)	日本化学会第76春季年会 (1999年 3月)
アクリジン類の還元反応 (その 3) テトラ及びオクタヒドロ-9-アミノアクリジンの合成	{ 鎌 田 吉之助 富 永 洋 一 鳥 井 昭 美 又 賀 駿 太郎 (九 大 機 能 研)	日本化学会第76春季年会 (1999年 3月)
側鎖に長鎖アルキル基を有する可溶性ポリイミド	津 田 祐 輔	日本化学会第76春季年会 (1999年 3月)
天然ゴム廃液処理リアクターの構築	{ 笈 木 宏 和 子*1 鶴 田 真 紀 子*2 竹 下 景 道 藤 森 哲 夫	日本農芸化学会1999年度大会 (1999年 3月)

材 料 工 学 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
Effects of Heat Treatment on Microstructure, Hardness and Abrasive Wear Resistance in 3 %C-10%Cr-5 %Mo-5 %W White Cast Iron	{ S.K. Yu (Keimyung Univ.) N. Sasaguri Y. Matsubara	Transactions of AFS, Vol.106 (1998. March)
レーザクラッド法による炭素鋼表面の耐食・耐摩耗肉盛層の形成	{ 本 田 義 興 永 倉 寛 巳 (佐賀工業技術センター) 中 田 一 博 (大阪大学) 富 田 正 吾 (富山工業技術センター)	精密工学会誌, 第64巻第 5 号 (平成10年 5月)
MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al-2.5%Cu-0.23%Sc ALLOY	{ M. Nakayama T. Okuyama Y. Miura (Kyushu Univ.)	Proc. of the 6th International Conference on Aluminum Alloys, Vol.1 (1998. July)
高純度ひ素の製造に関する基礎的研究	{ 重 松 浩 気 久 保 甚 一郎 馬 越 幹 男	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第 1 号 (平成10年 9月)
多合金白鑄鉄の M ₇ C ₃ 及び M ₂₃ C ₆ 共晶炭化物形成に及ぼす Mo, W 及び Si の影響	{ 武 宏 強 (株) エ ノ モ ト 笹 栗 信 也 橋 本 光 生 (新 日 鉄 株) 松 原 安 宏	鑄造工学, 第70巻第10号 (平成10年10月)
Cu-Mn 合金系フィラを用いたダクタイル鑄鉄と鋼の接合	{ 笹 栗 信 也 松 原 安 宏	鑄造工学, 第70巻第12号 (平成10年12月)
Ni-P 合金めっき SUS304線材の線爆溶射皮膜について	{ 中 山 勝 隆*3 金 栗 行 哲 奥 山 哲 也	溶射, 第35巻第 4 号 (平成10年12月)
プラズマ溶射 WC-12%Co皮膜の特性に及ぼす粉末粒度の影響	{ 中 村 良 三 (昭 和 電 工 株) 森 皆 良 田 征 夫 (ラ サ 工 業 株) 田 中 俊 明 (ラ サ 工 業 株)	溶射, 第35巻第 4 号 (平成10年12月)
Dry Abrasion Wear Resistance of Alloyed White Cast Irons	{ Y. Matsubara Y. Honda N. Sasaguri K. Shimizu (大 分 高 専) S.K. Yu (Keimyung Univ.)	Proc. of The Sixth Asian Foundry Congress-India (1999. January)

*1専攻科学生, 現 昭栄化学(株)
*2専攻科学生, 現 三共(株)
*3専攻科学生, 現 サンウェーブ工業(株)

多合金系白鑄鉄の連続冷却変態特性	{ 松原安宏 笹栗信也 横溝雄三 武 宏	(株アサノテック) (株エノモト)	鑄造工学, 第71巻第3号 (平成11年3月)
Abrasion Wear Resistance of Alloyed White Cast Iron with Several Types of Carbides and Matrices	{ S.K. Yu Y. Matsubara	(Keimyung Univ.)	Transactions of AFS, Vol.107 (1999. March)
DMO法によるAl合金/Al ₂ O ₃ 複合体の形成	{ 重松浩気 久保甚一郎 樹水英明*1 馬越幹男		久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第2号 (平成10年3月)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
Cu-Mn フィラを用いた球状黒鉛鑄鉄と鋼の接合	{ 今村新 一*2 笹栗信也 南條原 安	日本鑄造工学会第132回全国講演大会 (平成10年5月)
Naβ''-Al ₂ O ₃ 固体電解質を用いた酸素濃淡電池の特性	{ 南重久 隆博*3 久保甚一郎 馬越幹男	資源・素材学会九州支部平成10年度春季例会 (平成10年5月)
線爆溶射法によるNi-P合金/SUS304複合皮膜特性	{ 中奥山 勝也*4 金山栗 哲行	日本溶射協会第67回全国講演大会 (平成10年6月)
Al-Cu-Sc合金のAl ₃ Scとθ'-Al ₂ Cu時効析出物の不均一析出及び成長過程における相互作用	{ 鶴川美紀子*5 中奥山 哲也 美 浦 康 宏 (九州大学)	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部平成10年度合同学術講演会 (平成10年6月)
Al-Cu-Sc合金時効材の降伏応力の温度依存性	{ 津留崎 彰*6 中奥山 勝也 美 浦 康 宏 (九州大学)	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部平成10年度合同学術講演会 (平成10年6月)
Ni-P合金めっきSUS304線材の線爆溶射皮膜特性	{ 中奥山 勝也*4 金山栗 哲行	日本溶射協会第67回全国講演大会 (平成10年6月)
プラズマ溶射 WC-12%Co 皮膜の特性に及ぼす粉末粒度の影響	{ 中村良三 森良田 征夫 (昭和電工(株)) 皆田中 俊明 (ラサ工業(株)) 田 中 俊明 (ラサ工業(株))	日本溶射協会第67回 (平成10年度春季) 全国講演大会 (平成10年6月)
MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al-2.5%Cu-0.23%Sc ALLOY	{ M. Nakayama T. Okuyama Y. Miura (Kyushu Univ.)	The 6th International Conference on Aluminum Alloys, Toyohashi, Japan (1998. July)
耐熱・耐摩耗合金の凝固組織	{ 松原安宏 南條原 信也 笹栗 信 也	日本鑄造工学会第133回全国講演大会 (平成10年10月)
多合金系白鑄鉄の連続冷却変態に及ぼすMoおよびWの影響	{ 松原安宏 南條原 信也 笹栗横溝 雄三 (株アサノテック)	日本鑄造工学会第133回全国講演大会 (平成10年10月)
放電爆発法によるモリブデンおよびタンゲステン球状粒子の作製	{ 馬越幹男*2 神田富村 高之三 吉中 俊良 重 松 浩 気	粉体粉末冶金協会平成10年度秋季大会 (平成10年11月)

*1専攻科学生, 現 三井三池製作所
*2専攻科学生, 現 九州大
*3専攻科学生, 現 倉敷ボーリング機工
*4専攻科学生, 現 サンウェーブ工業
*5専攻科学生, 現 大口電子
*6専攻科学生, 現 東亜工機

アルミニウム/アルミナ複合体の生成とその複合体と金属の接合	{ 平野幸恵*1 重松浩気一郎 久保甚幹 馬越越一男	資源・素材学会九州支部平成10年度秋季例会 (平成10年11月)
Na β''-Al ₂ O ₃ 固体電解質を用いた電池の特性	{ 波連孝一*2 南隆博*3 重松浩気一郎 久保甚幹 馬越越一男	第4回高専シンポジウム (平成11年1月)
高融点金属線の放電爆発による微粉体の作製	{ 馬越幹男*4 稗田恭俊 吉富村良 中重松浩	第4回高専シンポジウム (平成11年1月)

一 般 理 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
(数 学)		
双対グラフによる 6j-記号の間の関係式の解釈について	{ 小須田 雅 (琉球大学) 中坊 滋 一	京都大学数理解析研究所講究録, 第1053巻 (1998年6月)
微分を用いた数値積分公式と差分公式の作成	杠 頭一郎	日本数学教育学会誌, 第80巻臨時増刊特集号 (1998年8月)
Duality Transformation for the Planar Rotator Model on the Two-Dimensional Lattice	田 中 義 秋	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻第2号 (1999年3月)
(物 理)		
Correlation between Pi 2 at Nightside Geosynchronous Orbit and Auroral Modulation.	{ K. Okada (九大理) O. Saka	Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., Vol.11 (1998)
An Initial Response of Magnetic Fields at Geosynchronous Orbit to Pi 2 Onset as Observed from the Dip-equator.	{ O. Saka (九大理) H. Akaki (九大理) O. Watanabe (九大理) M. Shinohara (九大理) D.N. Baker (コロラド大)	Ann. Geophysicae, Vol.16 (1998)
Wave Characteristics of Geomagnetic Pulsations Across the Dip equator.	{ M. Shinohara (九大理) K. Yumoto (九大理) O. Saka (九大理) N.B. Trivedi (ブラジル宇宙科学研究所)	J. Geophys. Res., Vol.103 (1998)
Possible Plasma Dynamics in Night-time magnetosphere Associated with Pi 2 Onset as Observed from Dip-equator.	{ O. Saka (九大理) H. Akaki (九大理) O. Watanabe (九大理) D.N. Baker (コロラド大)	Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., Vol.12 (1998)
Possible Plasma Dynamics in Night-time magnetosphere During First One-minute-interval of the Pi 2 Onset.	{ O. Saka (九大理) O. Watanabe (九大理) M. Shinohara (九大理) D.N. Baker (コロラド大)	Substorms-4, edited by S. Kokubun and Y. Kamide, Kluwer Academic Pub. (1998)
Amplitude Modulation of Equatorial Electrojet (EEJ) During Magnetospheric Storm.	{ O. Saka (九大理) M. Shinohara (九大理) N.B. Trivedi (ブラジル宇宙科学研究所) G.D. Reeves (ロシアモスクワ国立研究所) T.L. Hansen (トロムソ大)	J. Atmos. Solar Terr. Phys., Vol.60 (1998)

*1本学科学学生, 現 九州工大
 *2本学科学学生, 現 名古屋工大
 *3専攻科学学生, 現 倉敷ボーリング機工
 *4専攻科学学生, 現 九州大

Preparation of TiN Thin Films by Dynamic Mixing Method	{ K. Irie H. Akiyama M. Shimada*1 K. Watanabe*2 Y. Shima (久 工 大) H. Hasuyama (久 工 大)	The 15th International Korea-Japan Seminar on Ceramics (1998. 9)
Formation of Magnesium Oxide Thin Films by Reactive Sputtering	{ K. Irie S. Ishibashi*3 T. Nishimura*4 H. Fuji (大 電 (株)) S. Murachi (大 電 (株)) Y. Shima (久 工 大) H. Hasuyama (久 工 大)	Key Engineering Materials, Vol. 159-160 (1998)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
(数 学)		
コンパクト等質ケーラー多様体上の正則ベクトル束のある族について	高 橋 正 郎	熊本幾何学セミナー (1998年4月)
Some classes of vector bundles on compact homogeneous Kähler manifolds	高 橋 正 郎	九州大学幾何学セミナー (1998年6月)
コンパクト等質 Kähler 多様体上の正則ベクトル束のあるクラスについて	高 橋 正 郎	広島大学理学部数学教室談話会 (1998年6月)
コンパクト等質 Kaehler 多様体上の正則ベクトル束のあるクラスについて	高 橋 正 郎	広島大学理学部数学教室トポロジー微分幾何セミナー (1998年6月)
微分を用いた高位の数値積分公式と差分公式の作成	杠 頭一郎	第80回全国数学教育研究 (山口) 大会, 高専・大学部会 (1998年8月)
Isotropic Grassmann 多様体上の正則ベクトル束のある族について	高 橋 正 郎	微分幾何学九重研究集会 (1998年9月)
An explicit formula of the HOMFLY polynomial of the 2-bridge knots and links	中 坊 滋 一	【結び目のトポロジー】研究集会 (1998年12月)
A study on the Morse theoretical construction of the link invariants through quantum groups	中 坊 滋 一	九州大学大学院数理学研究科トポロジー金曜セミナー (1999年1月)
コンパクト等質 Kähler 多様体上のベクトル束のある族について	高 橋 正 郎	九州大学代数幾何セミナー (1999年1月)
An explicit description of the HOMFLY polynomial of 2-bridge knots and links	S. Nakabo	The 7th Japan-Korea School of Knots and Links (Feb. 1999)
(物 理)		
磁気嵐中に現われる赤道ジェット電流の振幅変調	坂 翁 介	地球惑星科学関連学会 (1998年5月)
Simultaneous convection transients in auroral zone and in equator as observed with Super DARN and equatorial magnetometers	O. Saka	International SuperDARN Tokyo Workshop (July, 1998)
Preparation of TiN Thin Films by Dynamic Mixing Method	{ K. Irie H. Akiyama M. Shimada*1 K. Watanabe*2 Y. Shima (久 工 大) H. Hasuyama (久 工 大)	The 15th International Korea-Japan Seminar on Ceramics (1998. 9)

*1専攻科学生, 現 長岡技科大
 *2専攻科学生, 現 豊前東芝(株)
 *3専攻科学生, 現 大日本印刷
 *4専攻科学生, 現 東研サーモテック

イオンビームと高速原子線を用いた TiN 薄膜製膜	{ 島田将徳 ^{*1} 渡入邊江生 ^{*2} 嶋田和隆 蓮山加里 (久 工 大) (久 工 大)	応用物理学会九州支部学術講演会 (1998年9月)
高速原子線ドライエッチング法の研究	{ 渡邊訓生 ^{*2} 島入江和生 ^{*1} 隆	応用物理学会九州支部学術講演会 (1998年9月)

一 般 文 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
インターネットを利用した英語教育 (3) 久留米高専における「実践英語」の教育事例—その2—	米 永 正 敏	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 1号 (1998年9月)
ドイツ語が勉強したくなる学生の気持の育て方	坂 元 宏 志	高等専門学校ドイツ語教育研究会会報, 第1号 (1998年10月1日)
第二言語習得理論に基づく「実践英語」 —その1—インターネットを利用した英語 教育事例の分析及び評価	米 永 正 敏	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 2号 (1999年3月)
(国語・人文社会)		
蓮如の『王法為本』説と戦国期社会	遠 藤 一	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 第1号 (1998年9月)
ハンナ・アーレントの『行為』概念 (三)	東 島 光 雄	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 第2号 (1999年3月)
真宗の葬送儀礼について	遠 藤 一	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 第2号 (1999年3月)
(体 育)		
剣道人間形成論考 (1)—現代剣道の人間形 成的課題について—	木 寺 英 史	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 第1号 (1998年9月)
剣道人間形成論考 (2)—技術的要素と「道 徳的精神性および行動規範」について—	木 寺 英 史	久留米工業高等専門学校紀要, 第14巻 第2号 (1999年3月)

*1専攻科学生, 現 長岡技科大

*2専攻科学生, 現 豊前東芝

平成10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
アルミナセラミックスの静疲労における下限界特性	{ 脇 畑 慎 一 廣 田 真 也
多結晶セラミックスの高温ブリッジング特性	{ 田 中 仁 堤 大 輔
補助歩行機の試作	{ 小田切 義 博 榊 健 二
フレッチング損傷に関する研究	{ 田 中 克 彦 吉 武 聡
流体潤滑膜の挙動に関する研究	百 武 龍
高速歯切りに関する研究	{ 津留崎 有 三 山 下 陽 平
高硬度材のエンドミル切削	西 地 和 馬
製図記述を応用した中世絵画資料の分析	厨 勝 義
切削油を用いない高能率ホブ切り法の開発	{ 鉄 川 雄 介 行 武 徳 一
ホブ切れ刃の切削機構に関する研究	山 口 修 二
ホブ切りによる歯車の歯形創成に関する研究	{ 青 木 勲 三 浦 大 輔
CAD/CAM システムの構築	{ 大 石 宏 和 藤 原 英 治
河川水の水力・熱エネルギー回収技術に関する研究	{ 古 賀 宣 彦 坂 本 宗 八
掻き取り式熱交換器に関する研究	{ 池 田 祐 二 橋 村 淳 司
直接接触式蒸発器の研究	{ 岡 田 隆 明 城 義 範
水蓄熱システムの研究	{ 林 芳 男 松 隈 伸 悟

電 気 工 学 科

題 目	氏 名
アクティブフィルタの設計・製作	{ 藤 川 雷 太 吉 武 厚
磁界等が生体行動に及ぼす影響について	{ 荒 瀬 友 栄 田 中 博 文
産業ロボットの姿勢制御および応用に関する基礎	{ 原 公 二 藤 井 寛
画像認識(形状および色)および応用に関する基礎	{ 古 賀 照 也 高 橋 雅 史
宇宙発電用マイクロ波-直流変換管の研究	{ 市 場 康 弘 植 田 修 作

太陽電池を応用した光通信機の試作	{ 花 等 健 志 長 美 千 代
スイッチング電源の小型化	{ 日 下 部 五 樹 吉 岡 大 裕
階層型ニューラルネットワークの汎化能力改善に関する研究	{ 浅 田 賢 信 松 本 泰 典 アフエンディー・ムハマッド
電気基礎科目 (電磁気学, 電気回路) 学習のための補助教材の作成	{ 栗 須 健 太 富 田 章 文
メカトロニクス制御用センサ・アクチュエータの検討	{ 國 武 幸 史 相 川 寿 治
ステップモータの速度プロファイル制御	{ 野 口 雅 幸 野 中 成 利
Z-80ワンボードマイコンのモニター解析と学習のための補助テキストの作成	{ 重 富 修 也 多 良 直 記
DSP を用いた補聴信号処理に関する研究	{ 原 田 俊 洋 藤 本 口 英 明 溝 宏
DSP を用いた教育支援システムに関する研究	{ 植 木 政 光 古 川 拓 樹
プロセッシングプラズマの計測法に関する研究	{ 坂 本 浩 也 瀬 戸 重 一
プロセッシングプラズマの計算機シミュレーションの基礎	{ 大 部 寿 泰 峯 健

制 御 情 報 工 学 科

題 目	氏 名
ロボコンマシンの設計と製作	{ 中 村 憲 一 松 下 将 士 光 安 秀 文
プロコン競技部門用システムの設計と製作	{ 松 崎 孝 志 森 下 英 一
ソーラーボートの設計と改良	{ 今 村 直 樹 若 水 洋
ソーラーエネルギーの有効利用	{ 松 岡 暢 山 下 士 郎
地域自然エネルギーの有効利用と貯蔵に関する研究	{ 石 津 雄 介 中 川 洋
半速同期式自励形ブラシレス DC モータ駆動系のアセンブリー言語による構成	{ 河 津 基 鳥 飼 幸 太
産業用ロボットによる 5 軸制御加工	{ 松 尾 大 士 村 嶋 智 浩
CAD/CAM システムの開発 (NURBS 曲面について)	{ ムハマッド・アイディル・ムハマッド・ヤサン 金 子 毅
CG を利用した教材の開発	{ 有 岡 理 恵 野 田 嗣 美
CNC ホブ盤による高硬度歯車の高効率加工	{ 青 柳 隆 二 下 津 知 世
MC による超硬ホブ切りに関する基礎研究	{ 小 松 純 平 中 村 誠 誠
摩擦を利用した推進機構	{ 岩 下 正 孝 大 倉 清 徳

伝達剛性係数法による閉ループ構造物の振動解析

{ 松岡浩平
ムガツ・ムハマド・ムガツ・スライマン

自動ライン引きロボットの開発

{ 水澤陽洋子
御船涼子

車輪走行型倒立ロボットの安定化制御

{ 池田和弘
出雲聡

サッカーロボットの製作

{ 岩本博之
富永聖敏
末永健治

ジャイロソーサⅡの制御

石橋秀仁

適応的学習則によるファジィ推論ルールの構築

{ 西坂晋
西村友紘

遺伝的アルゴリズムを用いたクラスタリングモデル

{ 佐野大悟
日野祐輔

工業化学科

題 目

氏 名

[15]アヌレノンの合成と物性

{ 石橋美美代
田中智恵子
八谷真紀子

3-アリアル-キノリジン-2, 4-ジオン類の合成

井上太陽

大気エアロゾルの研究 (その 1)
—大気中の硫酸イオンの挙動—

井上雄太

種々の 9-メチルアクリジン誘導体の合成と反応

梅田 墨

[16]および[18]アヌレノンの合成と物性

谷川直人

大気エアロゾルの研究 (その 2)
—大気中の硝酸イオンの挙動—

小川昌子

低速型二軸サンドミルの分散特性に関する研究

{ 香山真理子
橋本和久

密閉型二軸混合機の混合特性に関する研究

{ 執行文子
清水美帆
高野幸造

ビフィズス菌増殖促進物質の胞合胆汁酸分解酵素に与える影響

執行みちる

大気エアロゾルの研究 (その 3)
—空中浮遊菌の解析—

下川優理

エチレングリコール-エーテル系相互溶解度の測定と相関

高田新吾

酵素の安定性

{ 高田昌俊
内藤清一郎
山田紳一

ゴム廃液分解微生物の性質の検討

竹下景子

3成分系液液平衡の測定と相関

{ 恒富裕之
吉田直人

二機能性界面活性剤を用いた液体膜によるホウ素の分離濃縮

時川大輔

微生物の代謝による各種ヘテロ原子を含む複素環化合物の変遷について

中川麻衣

醤油酵母の耐塩性に関する遺伝学的研究

中園実季

2-ヒドロキシ-3-ピリジル-キノリノン誘導体の合成

中村和代

ハイブリッド逆相ミセルを用いたタンパク質の抽出

原口真一

可溶性ポリイミドの紫外線照射による表面物性変化

平田和彦

2-キノリル酢酸の合成

導電率測定によるニトリルゴムの加硫進行状態の追跡

イオン性界面活性剤を利用したアミノ酸の抽出分離

分岐したアルキル基を有する可溶性ポリイミドの合成

ゴム分解菌の最適生育条件の検討

醤油酵母の塩感受性株の研究

側鎖に置換基を有する可溶性ポリイミドの合成

チオフェン誘導体の合成と蛍光特性

5,8-ジアザ-13,14-ジ置換ペンタフェン類の合成と光学分割

藤 浦 崇
 { 藤 吉 智 子
 吉 武 子 瞳
 前 田 憲 成
 真 部 知 幸
 溝 田 桂
 宮 崎 賢 志
 安河内 智 志
 吉 岡 英 美
 吉 廣 誠 司

材 料 工 学 科

題 目

氏 名

ボールミル、遊星型ボールミル及びオングミルによるシリカ粉体の
 粉碎とメカノケミカル効果

{ 阿比留 洋 一
 福 田 益 光

多合金白鑄鉄の熱処理特性

{ 綾 部 陽 介
 梅 津 直 幸

メカニカルアロイング (MA) 法と粉末冶金とを組み合わせた $Al_{65}Cr_7Ti_{28}$ の作製

有 馬 信 崇

ハイドロキシルアパタイトによる水溶液中の重金属元素の吸着現象について

伊 賀 誠 一 郎

合金白鑄鉄の高温酸化特性に及ぼす Cr 量の影響

安 達 寛 高

高マンガン鋼に硬化肉盛りした高クロム系白鑄鉄の特性

石 川 芳 憲

耐摩耗用高 Mn 鑄鉄の凝固組織

{ 碓 昌 之 太
 堀之内 健

Al-Cu-Sc 合金の高温強度

岩 橋 誠

As_2S_3 カルコゲナイトガラスの製造と性質

岩 原 鉄 兵

ジュラルミンの時効硬化に及ぼす Sc の影響

{ 内 野 修 平
 星 野 仁 志

SUS304/Ni-P 線爆溶射複合皮膜特性

野 口 伸 二

Hot-Filament 法によるゴムへの加硫反応の観察

坂 上 恒 平

線爆溶射法による SUS304 及びハステロイ合金皮膜の形成

{ 江 口 浩 司
 大 坪 寛

多合金白鑄鉄の耐アブレーション摩耗特性

{ 川 上 忠 士
 野 崎 陽 子

水酸化アルミニウムを主成分とするスラジと水ガラスの焼結挙動

児 玉 隆 志

プラズマ溶射 WC-12%Co 皮膜の特性に及ぼすプラズマガス流量の影響

{ 白 根 孝 広
 仲 西 優 香

銀ろうを用いた球状黒鉛鑄鉄と鋼の接合

廣 瀬 哲 雄

Al と $Al_{65}Cr_7Ti_{28}$ の複合金の作製

{ 竹 井 順 二
 鶴 田 尚 美

Ni-P/SUS304線爆溶射複合皮膜の TEM 用試料の作製と TEM 観察

田 中 慎 二

窒素ガス中における Al, Ti, Nb 及び Ta 線の放電爆発による窒素物微粉体の作製

{ 土 肥 尚 人
 牟 田 聡 子

黒鉛系鑄鉄材料の TIG アークによる表面改質

{ 中 尾 博 之
 古 田 一 平

黒鉛系鋳鉄材料の TIG アークによるボロン化処理	{ 恵 藤 拓 也 寄 川 雅 史
Al ₆₃ Cr ₇ Ti ₃₀ 焼結体の延性について	野 田 章 剛
放電爆発法微粉体の分級による Mo 及び W 球状粒子の作製	原 和 幸
Na β''-Al ₂ O ₃ 固体電解質を用いた酸素濃淡電池の特性	波 連 孝 一
ヒ素化合物の平衡蒸気圧測定	平 野 幸 恵
鋳鉄と鋼の接合のための低融点合金フィラの開発	{ 田 尾 充 松 本 征 史
線爆溶射法による銅, ニッケル及びこれら合金皮膜の形成	福 住 広太郎
多合金白鋳鉄の変態特性に及ぼす Cr 含有量の影響	藤 崎 裕 子
Ni 基耐熱耐摩耗合金の開発	宮 崎 亮 二
高クロム鋳鉄の焼き戻し過程における残留 γ の分解挙動	{ 安 松 亮 子 吉 次 健
DMO 法による Al/Al ₂ O ₃ 複合体の生成について	矢 野 成 吾

機械・電気システム工学専攻

題 目	氏 名
高能率ホブ切りに関する研究	弥 吉 悟
歯車仕上げ用 CBN 砥石に関する研究	三 根 陽 介
氷蓄熱システムの開発研究	江 崎 健 司
多結晶セラミックスのブリッジング特性に及ぼす結晶粒径の影響	西 村 初 彦
掻き取り式熱交換機に関する研究	木 下 元 治
宇宙発電用 RF-DC エネルギー変換電子管に関する研究	上 田 裕 人
光磁気薄膜素子の磁化特性測定装置の試作及びその評価	津 田 剛
デジタル補聴器の実用化試験用信号処理に関する研究	飯 塚 祐 典
磁界曝露下の生体活動に関する基礎研究	原 浩 二
振動を利用した推進機構に関する研究	國 武 義 嗣
生成機構を用いた自己組織化の巡回セールスマン問題への適用	塚 本 洋 介
オーロラ粒子の発生源を求めて	古 賀 大 樹
画像処理によるオーロラ現象の磁気座標特性解析	森 下 毅 一
イオンビームと高速原子線照射を利用したダイナミックミキシング法による TiN 薄膜の研究	鳥 田 将 徳
高速原子線によるドライエッチング特性の研究	渡 邊 訓 生
X 線回折装置の自動化による多目的回折装置の製作	竹 井 淳

物質工学専攻

題 目	氏 名
ゴム分解菌のスクリーニング	江 藤 晃 嗣
天然ゴム廃液処理のための微生物のスクリーニング	鶴 田 真 紀 子
3-(2-ピリジル)キノリジン-2,4-ジオン誘導体の合成と蛍光特性	梅 野 邦 治
チオフェン誘導体の合成と蛍光特性	古 川 陽 平

地衣類の単離細胞からの DNA の抽出およびその遺伝的解析	片 山 聡
地衣類の生理学的研究	亀 崎 研 一
ヘキソキナーゼに関する研究	真 谷 里 子
Cu-Mn 合金フィラを用いた球状黒鉛鑄鉄と鋼の接合	今 村 新 一
Al-Cu-Sc 合金の Al_3Sc と θ' - Al_2Cu 時効析出物の不均一析出 および成長過程における相互作用	鶴 川 美紀子
Al-Cu-Sc 合金時効材の降伏点の温度依存性	津留崎 彰
メカニカルアロイング法と焼結法とを組み合わせた $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 混晶半導体の作製	石 見 知 由
As および MnAs の平衡蒸気圧測定	南 隆 博
放電爆発法によるモリブデン球状粒子の作製	稗 田 恭 高

~~~~~

## 久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規

### 1. 総 則

#### 1・1 掲載する事項の種類と内容

「論文」、「教育研究報告」及び「その他」の3種類とし、論文及び教育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、寄書などである。

[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または考察。

- (2) 「教育研究報告」とは、教育活動あるいは研究活動に関する報告である。

- (3) 「その他」とは資料、特許紹介、年間発表の論文及び講演題目、卒業研究題目、学位論文紹介などである。

[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、分析法及び実験法などの内容をもつもので、設計参考データ、計算図表、試験報告、統計などを含む。

(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、統計などを主としたもので、高専教育に有用な内容をもつもの。

#### 1・2 投稿手続及び原稿の採否決定

- (1) 投稿手続: 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し、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。

#### 1・3 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。

#### 1・4 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。

### 2. 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。この場合刷り上りの1頁は100字×44行を基準とする。

- (2) 論文は、できるだけ次の順序に従って書く。題名、概要、緒言、本論(実験)、結果及び考察等。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、特徴及び結果などを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。

- (3) 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。

数式などで、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。

量記号などについては、大文字、小文字の区別をして正確に書くこと。

下例のように

例：オー      ゼロ      アール      ガンマー      ケイ      カッパー  
          O      0            r             $\gamma$           K             $\kappa$

などは、はっきり区別する。

- (4) 原稿における本文の区分は、できるだけ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、小見出しなどを明確にする。

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。

- (5) 機器、材料、薬品などの名称は、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、学術用語集などでの例) を参考にする。

諸記号や符号などは、国際的・専門的に慣用されているものを用いる。

- (6) 注および参考文献は、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。

- (7) 句読点、カッコ、ハイフンなどは、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。

- (8) 図の用紙は、所定の図面原稿用紙を用いる。

- (9) 図、表、写真の番号は、図 1、図 2 …… 表 1、表 2 …… 写真 1、写真 2 …… のように記入する。

- (10) 図は、ていねいに墨あるいはロットリング書きし、図中の文字を活字にしたいものは、その旨鉛筆で別紙トレーシングペーパーに記入する。図の片隅に投稿責任者名を記入する。

- (11) 表の説明は表の上に、図、写真の説明はその下に書く。

- (12) 図、表、写真の刷り上がりの大きさは、最大 1 ページとする。

- (13) 図、表、写真の大きさは、刷り上がりの 2 倍程度とする。

- (14) 図、表、写真の挿入希望箇所は、原稿右欄外に記入する。

- (15) 原稿 1 頁目の脚注に、平成 年 月 日受理並びに共著者 (本校教職員でない者) の所属機関名を記入する。

- (16) 刷り上がりが 6 ページ以内になるよう、原稿 (本文、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編集委員会の議を経て 5 ページまで超過を認めることができる。

- (17) 年間発表の論文及び講演題目の作成要領は別に定める。



平成11年度 編集委員

委員長 柳 謙 一 校長  
副委員長 平 濬 国 男 教授 (機 械)  
          杠 顕一郎 教授 (数 学)  
委員 大 淵 豊 教授 (電 気)  
          松 本 健 一 教授 (制 御 情 報)  
          中 寫 裕 之 助教授 (工 化 · 応 化)  
          本 田 義 興 助教授 (材 料)  
          宮 本 泉 助教授 (物 理 · 化 学)  
          坂 元 宏 志 教授 (外 国 語)  
          小 宮 厚 助教授 (国 語 · 人 文)  
          木 寺 英 史 助教授 (体 育)

平成11年 9 月 25 日 印刷

平成11年 9 月 30 日 発行

紀 要 第15卷 第 1 号

〒830-8555 久留米市小森野一丁目 1 番 1 号

編 集 兼  
發 行 者

久留米工業高等専門学校

TEL 0942-35-9300

〒815-0035 福岡市南区向野 2 丁目 13-29

印 刷 所

秀巧社印刷株式会社

MEMOIRS  
OF  
KURUME NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 15 No. 1  
(SEPTEMBER 1999)

CONTENTS

|                                                                                                                            |                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Effect of Ultrasonic Vibration on Freezing of Biological Tissue ...                                                        | {Kunio HIRAHAYA<br>{Kenichi MATSUMOTO ...                                              | 1  |
| RF to DC Energy Converter Electron Tube for SPS System Application (Part 2)<br>— Comparison with the Simulation Results —  | {Kinzo SUGIMORI<br>{Kuninori OOSAKI...<br>{Hiroto UEDA                                 | 5  |
| Development of High Speed Hough Transform Device<br>— For Intelligent Materials Processing —                               | {Katsuyuki NAKASHIMA<br>{Yutaka OBUCHI ...<br>{Katsunori INOUE                         | 11 |
| The Bidirectional Communication Circuit Employing Power Negative Impedance Converter                                       | {Masatoshi TAKAMATSU ...<br>{Katsuyuki NAKASHIMA                                       | 15 |
| An Application to Traveling Salesperson Problem on Self-Organizing Neural Networks with Creating Mechanism                 | {Michiharu MAEDA<br>{Yosuke TSUKAMOTO...<br>{Hiromi MIYAJIMA                           | 19 |
| Effects of Conjugated Bile salt Hydrogenase Derived from Bifidobacterium Growth Stimulator                                 | {Hirokazu OIKI<br>{Maiko NITTA<br>{Michiru SHIGYO...<br>{Michiharu TOH<br>{Tetsuo MORI | 27 |
| Measurements of Equilibrium Vapor Pressure of As-Co Compounds                                                              | {Koki SHIGEMATSU<br>{Jinichiro KUBO ...<br>{Mikio UMAKOSHI                             | 31 |
| A Study on the Standard Test for English Proficiency<br>— As of the Controversial Credits Given for Certificates of STEP — | Takanori ESHIMA...                                                                     | 39 |
| A Study of 'DATOTSU' Movement in KENDO (1)<br>— Consideration of Morita's Theory —                                         | Eishi KIDERA...                                                                        | 45 |
| The Extension and the Applications of Some Problems on Differential and Integral                                           | Kenichiro YUZURIHA...                                                                  | 49 |