

## 呉工業高等専門学校

## 研究報告

第65号

平成15年8月(2003)

## 目次

1. 現代国民国家の変容とラディカルな改良主義 ーヨアヒム・ヒルシュについてー	木原 滋哉	1
2. 本校男子学生における運動習慣と体力レベルに関する研究 ー自宅生と寮生の比較ー	岩井 一師, 谷岡 憲三, 佐賀野 健, 長谷川 善輝	11
3. ヘルツ接触の場合の移動熱源による瞬間温度上昇について	河野 正来, 灘野 宏正, 中迫 正一, 徳永 将博	19
4. マイクロコンピュータとコントローラによる専用機械間の同期制御	野原 稔	25
5. 有限要素法による金型冷却設計	中迫 正一, 灘野 宏正, 河野 正来	31
6. 小型中空陰極を用いた空気グロー放電の放電開始電圧と放電維持電圧	山崎 勉	39
7. 加工砂製造時に生じる廃棄泥分の利用について	福原 安洋, 阪井 憲司	45
8. 学生寮の構造耐震診断とその耐震性向上のための対策について	福原 安洋, 倉田 浩充	51
9. 2001年芸予地震による鉄筋コンクリート造建物の変形とエキスパンションジョイントの被害	中山 善敬, 門前 勝明	59
平成14年本校教官による研究業績一覧		65

# 現代国民国家の変容とラディカルな改良主義

## — ヨアヒム・ヒルシュについて —

(一般科目) 木原滋哉

### Transformation of Modern Nation-State and Radical Reformism:

#### A Note on Joachim Hirsch

(Department of General Education) Shigeya KIHARA

##### Abstract

New social movements appeared in Germany in the 70s and have drawn attention in the world. New social movements became stronger against fordism, which consists of mass production-mass consumption and security-state. Joachim Hirsch tried to formulate "radical reformism" as a political strategy, which relied upon new social movements against fordism and was considered as a radical reformatory strategy both in and against security state.

In progress of globalization security state has been transformed into national competitive state, which forces people into trying to obey the rule of globalization. And global governance, which consists of states, international organizations, and NGOs, plays a bigger role than ever. NGOs draw attention as reformatory subjects. But without the character of social movements, NGOs would lose independence from competitive states, international organizations, and multi-national enterprises.

Key Words: Nation-State, New Social Movement, Globalization, NGO, Radical Reformism

国民国家, 新しい社会運動, グローバリゼーション, NGO, ラディカルな改良主義

#### § 1 はじめに

国家に対してどのようなスタンスをとるべきか。このスタンスの違いは、政治的対立軸を構成するはずであった。ところが現在、国家に対するスタンスの違いは、政治的対立軸を構成するどころか、混乱の要因になっている。例えばグローバル化に直面して国民国家がゆらいでいるように見える現在、資本主義のグローバル化に抗するために国民国家に依拠すべきなのか、あるいはグローバル化の進行は国民国家に抗する絶好の機会になるのか、資本主義国家に批判的な人びともにも混乱をもたらしている。また、福祉国家が国家による管理強化であるとして批判してきた立場にとって、新自由主義による福祉国家批判に基づく「大きな政府」か「小さな政府」かという選択肢は混乱をもたらすものでしかない。いずれの場合も、国家のあり方が問題になっているにもかかわらず、国家に対してどのようなスタンスをとるべきなのか、わかりづらいことが混乱の一因をなしている。

グローバル化が進行する中で、資本主義国家と政治戦略との関連は、どのような政治的座標軸のもとで整理しうるのか、これは焦眉の課題となっている。こうしたなかで、ヨアヒム・ヒルシュは、資本主義国家が大きく変貌を遂げる中で、ラディカルな改良主義という政治戦略から資本主義国家のあり方を一貫して問い続けてきた理論家として注目される。

ヒルシュは、70年代西ドイツにおける国家導出論争の担い手のひとりとして知られるようになったが、その背景には、西ドイツにおける社会民主党政権の成立と68年以降の異議申し立て運動があった。その後(西)ドイツでは、新しい社会運動の登場、コール新自由主義政権の誕生と緑の党の連邦議会進出、ドイツ統一、グローバル化の進行と社会民主党・緑の党連立政権の誕生などの政治状況は大きく変化したにもかかわらず、ヒルシュは、一貫して批判的資本主義国家論を展開するとともに、ラディカルな改良主義という政治戦略を模索してきた。

理論的にはヒルシュは、国家導出論を出発点として、プーランザスとグラムシに依拠して資本主義国家論を構築するとともに、レギュラシオン理論をマルクス社会理論として再構成することと通じて資本主義の変貌を把握しようと努めてきた。同時にヒルシュは、フランクフルト学派の資本主義批判を、文化批判にとどめないで、政治経済学批判として遂行するという立場でもある。本稿の狙いは、ラディカルな改良主義というヒルシュの政治戦略構想と彼の資本主義国家論の関連を明らかにすることにある。新しい社会運動論、NGO論、資本主義国家論など、それぞれの領域で研究蓄積があり、ヒルシュの議論との比較検討が必要とされるが、本稿では、比較検討は最小限にとどめて、ヒルシュ理論の全体像を提示することに焦点を当てたい。

## § 2 資本主義国家論と政治的なもの

### 2.1 ヒルシュ理論の背景

ヒルシュは、七〇年代初頭に西ドイツで展開された「国家導出」論争の中で、独自の批判的資本主義国家論を提示して、注目を浴びた。国家導出論とは、資本主義国家の形態と機能を、『資本論』の政治経済学批判のカテゴリーから演繹的に説明しようとする資本主義国家論である(田口 1982)。国家導出論争の政治的背景としては、社会民主党政権が資本主義国家を用いてどこまで社会変革しうなのか、その限界を明らかにしようとすることが意図されていた。

しかしながら、資本主義の変化をなおざりにした「構造主義」と政治・文化に固有のダイナミズムを把握できない「経済主義」という欠点を露呈した「マルクス主義」では、資本主義社会と国家の変化を明らかにすることができず、70年代中頃に台頭してきた新しい社会運動の意義と可能性を検討することもできなかった。ヒルシュは、レギュラシオン理論から現代資本主義の危機と変化の分析を取り入れることによって、具体的な制度や政治闘争の分析を可能にする資本主義国家論の構築も目指すことになる(樋口 1989; 宮本 1989)。

### 2.2 政治的形態と物象化

「国家導出」論争におけるヒルシュ自身のアプローチは、資本主義経済における商品生産の性質から資本主義国家の形態を導入し、次に資本主義国家がどのように機能しうのかを説明しようというものであった。そしてヒルシュの「国家導出」論の核心は、「なぜ階級支配は、国家という公的支配の形態をとるのか」というパシュカーニスの問いに対する回答を、資本主義的社会編成化様式からの「導出」に見出そうとする「形態分析」にある。

資本主義的社会編成化様式、すなわち、生産手段からの直接的生産者の分離、私的生産、自由な賃労働、商品交換に基づく資本主義社会においては、個々の資本家が物理的暴力手段を行使することは原則としてなく、物理的暴力手段はあらゆる社会階級から分離して国家として制度化される。マックス・ヴェーバーによって近代国家の本質として提示された「正当な物理的暴力の独占」は、政治的暴力装置の「特殊化」ないし「相対的自律性」という資本主義国家の形態の指標でもある。中央集権化された政治的暴力装置が社会と経済から分離して形成され、「政治」と「経済」が社会的機能領域として相互に分離するときに初めて、「資本主義国家」について語りうるのである。こうしてヒルシュは、形態分析という彼の「国家導出」によって、資本主義的社会編成化の諸条件のもとで生じた国家の「特殊化」ないし「相対的自律性」、「国家」と「社会」の分離、「政治」と「経済」の分離を資本主義社会の構造的指標として提示する(Hirsch 1990=1997)。

さらに、なぜ国家が社会から分離した形態を帯びるのかという問いへの回答は、90年代の著作において、『資本論』における価値形態論の核心にある物象化論的視座に立って、社会理論として一貫した形で提示される。資本主義社会では、私的労働のもつ社会性は、誰が何を誰のために生産するかということとは無関係に、生産された商品の価値・価値形態に表現される。こうして私的労働の社会的連関は、貨幣という社会的形態をとって、外的な強制・暴力関係として人間に対立している。ヒルシュは、「人々に対して外的で疎遠なものとして対立する客体」である社会的諸形態として、「貨幣において表現される価値形態」だけではなく、「社会から分離した国家に体现される政治的形態」も挙げている。労働の社会性が、物象化され客体化された貨幣形態を帯びざるをえないように、政治的社会性は、「外的で疎遠な強制連関として諸個人に対立する国家」という形態を帯びる。(Hirsch 1995a:16-18=1998:9-11)

### 2.3 政治的形態と「国家の論理」

資本主義的社会編成化様式の特質から「導出」された資本主義に固有の政治的形態は、社会的・政治的行為に決定的な影響を与える。プーランザスは、国家は力関係に還元されるものではないとして国家が固有の物質性を有している点を強調し、国家は「社会的力関係の物質的凝縮」であるとする。そしてプーランザスが、国家に固有の物質性を強調して社会的力関係を変化させるだけでは国家の直接の変革につながらないと主張した(Poulantzas 1978=1984)。

これに対してヒルシュも、国家は社会関係であるとしながらも、国家は社会的力関係に対して固有の政治的形

態を与えて安定化させることを強調する。例えば、社会的対立や階級関係は、資本主義に固有の政治的形態をまとうことによって、「人民」と「国家」の対立、官僚制の対立、政党や利益団体の競争に変容させられるのであって、直接に国家に影響を及ぼすわけではない。政治形態は、社会的対立が国家に直接に影響を及ぼすことを阻止する機能、つまり「構造的選択性」の機能を果たしている。さらにヒルシュは、資本主義に固有の政治的形態が、政党、利益集団、社会運動までも規定すると主張する。政党や利益集団だけではなく、社会運動であっても強力になればなるほど、「国家」と「社会」の対立が組織の中に持ち込まれる。ヒルシュは、グラムシに言及しながら、暴力装置としての「国家」と、自由と民主主義の領域としての「市民社会」を対立させことに批判する。市民社会は「拡大された国家」の一部であり、社会運動は、「市民社会」の組織であっても、資本主義に固有の政治的形態、言い換えれば「国家の論理」を免れないのである（Hirsch 1995a=1998；中村 1996a）。

## 2.3 政治的形態としての国民国家

ヒルシュは、グローバルな資本主義と国家との関係についても、「政治的形態」を強調しながら、資本主義においてなぜ国家が「国民国家」という形態をとるのか、なぜ「諸国家システム」として複数の個別国家が存在しているのかという問題に取り組む（Hirsch 1995a=1998）。

グローバルな資本主義は複数の異なる政治空間が実在すること、すなわち諸国家システムと分かちがたくむすびついている。というのも、世界市場が諸国家へと分裂することによって、資本は複数の商品市場、資本市場、労働市場に接近することができるようになり、原理的に無制限に移動しうる資本は、国境に区切られた経済的諸空間の内部で活動するとともに、その諸空間を相互に対抗させることで漁夫の利を得ることが可能となるからである。

資本主義に固有の政治的形態が、国民国家という形態を帯びる根拠も、資本主義的社会編成化に求められる。

「階級による社会編成化」と「市場による社会編成化」の統一としての資本主義的社会編成化は、諸個人を敵対する階級へと分裂させるとともに、市場の個人として体系的に孤立化し、個人化し、直接的な社会関係から引き離す。国家は、この個人化傾向を強化するとともに、「国民」として統合する。国家は、逸脱するものを排除・抑圧することによって、象徴的共同性としての「国民性」を構成するのである。こうして資本主義社会においては、政治的共同性は社会から分離された国民国家という形態として出現するのである。したがってヒルシュによれば、国民やナショナリズムは、資本主義的社会編成化という条件のもとで社会的連関を、政治的共同性とし

て象徴的に基礎づける領域なのである。

## 2.4 「政治的なもの」と政治的共同性

物象化論によって洗練されたヒルシュの形態分析は、資本主義社会における「政治的なもの」の特質と限界を明らかにしている。まず、資本主義的社会編成化という条件のもとでは、「政治的なもの」は、経済や社会から分離した国家という形態を帯びざるをえず、決して直接の合意によって意識的に政治的共同性をうち立てることはできない。また、「国家」と「社会」の分離という政治的形態は、国家装置だけではなく、政党、利益集団、さらには社会運動も規定している。つまり、社会運動内部の「政治的なもの」であっても、「国家の論理」に規定されることになる。

ここから、社会的諸形態に対立し打破する行為が、「革命的」行為であると評価されることになる。政治的形態はあらゆる社会的領域を貫いているので、資本主義社会の革命的克服は、「政治」と「経済」、「国家」と「社会」の分離、国民国家に根ざしている排除と分断のメカニズム、制度的諸形態に表現されるそうした政治的形態を実践的に克服することと結びつけて評価される。このようにヒルシュは、資本主義社会の構造連関を明らかにするとともに、そこから革命的行為の意味を引き出そうと試みる。しかし同時に、革命的行為の主体、領域、内容は、資本主義の変化とともに異なるとして、あらかじめ革命的主体を想定できないことを強調する。

新しい社会運動もNGOも、どのようにして主体として構築されるのか、資本主義に固有の政治的形態を打破できるかどうか、という観点から評価されることになる。

## § 3 安全保障国家と新しい社会運動

### 3.1 新しい社会運動論とは？

「新しい社会運動」論は、新しい社会運動が政治権力の掌握ではなく「アイデンティティ」や「生活形態の文法」の変革を志向している点に注目するだけではなく、「脱工業社会」（トゥレーヌ）や「後期資本主義」（ハーバーマス）などのマクロな社会変動を暗黙の前提にしている。したがって、例えば新しい社会運動に関する「ハーバーマスの説明は、あまりに高度にはじまっているために、行為に関連する診断、状況解釈、社会的傾向の表現を提供できない」（Hirsch/Roth 1986:30）として、ヒルシュは、フォーディズムという二十世紀資本主義の危機と変化の文脈において、新しい社会運動がどれほどの歴史的意義を持ちうるのかの検討を試みる。

### 3.2 フォーディズムと安全保障国家

ヒルシュは、フォーディズム概念を援用することによって、経済復興の奇跡から経済危機への移行、社会民主主義的改良主義の危機と終焉、新しい戦略領域への新しい社会運動の登場などを理解しようと努めた。その際ヒルシュは、社会の「貫通的資本主義化」と「貫通的国家化」という資本主義の歴史的傾向と関連させて、フォーディズムの特質を把握する。

フォーディズムは、資本主義的社会編成化が歴史的に完全に貫徹する、つまり「貫通的資本主義化」がさらに進行する段階であると把握される。フォーディズム的蓄積体制の技術的土台であるテイラー主義は、生産性を大きく上昇させ、耐久消費財の大量生産を可能にした。実質的賃金の著しい上昇が実現するとともに、労働者は、大量生産された耐久消費財の消費者にもなった。フォーディズムにおいて、労働者が生産者としてだけではなく消費者としても資本主義に統合されることになる。さらにテイラー主義が労働過程における熟練労働者の抵抗力を解体しただけではなく、前フォーディズム段階において労働運動の基盤であった労働者の「生活圏（ミリュー）」や「モラル・エコノミー」も解体された（Hirsch 1980）。

また資本主義的社会編成化があらゆる生活領域に浸透する（貫通的資本主義化の進行）とともに、伝統的な社会関係、家族構造、自給自足形態が解体した結果、失業、疾病、高齢などのリスクを埋め合わせるために、貫通的国家化が進行すると把握される（Hirsch 1990=1997:111）。福祉国家は、これらのリスクを埋め合わせ労働力を維持するだけではなく、社会的・経済的介入を強めて「ケインズ主義的福祉国家」として大量消費を安定させる役割も果たした。「福祉国家」は、政治的に受動的な国民をフォーディズムの大量生産と大量消費の循環にはめ込む「監視国家」という側面も併せ持っている。それゆえフォーディズム国家は、「福祉国家」と「監視国家」の両面を持つという意味で、ヒルシュは「安全保障国家」と呼ぶ。さらに、労働組合や政党も、貫通的資本主義化の浸透によって社会的土台が掘り崩され、物質的再配分を志向する官僚制的政治装置になった（社会の官僚制化）。

### 3.3 フォーディズムの危機と新しい社会運動

七〇年代中頃にはっきりと噴出したフォーディズムの危機は、ヒルシュにおいてもレギュレーション理論と同じく、蓄積体制に含まれている生産性の予備力がしだいに枯渇している点に求められている。またケインズ主義福祉国家、コーポラティズムなどの団体交渉システムが、長年にわたって資本蓄積の支柱であったが、危機の中で資本蓄積の障害物になったとして、蓄積体制と調整様式

の矛盾として把握される。さらに、危機の原因は、国際調整の不安定性の増大にも求められる。市場の自由化と資本の国際化の増大の結果、資本の価値増殖が一国内の大衆所得の増大から自立しただけではなく、高賃金が国際競争におけるコスト要因として重大に見えるようになったことも、各国内部の経済過程に影響を与えた。

ヒルシュの場合、フォーディズムの危機と再編成が新しい社会運動と関連して理解される。ヒルシュは、資本主義的社会編成化があらゆる生活領域に浸透する「貫通的資本主義化」、社会の解体、「貫通的国家化」との相互関連に対する批判を実践的に遂行する主体として、新しい社会運動に注目していた。ヒルシュが初めてフォーディズムと新しい社会運動を体系的に取り上げた80年の著書『安全保障国家』（Hirsch 1980）では、新しい社会運動の中でも「オルタナティブ運動」が、フォーディズムに抗して「生産、労働、生活の新しい領域を意識的な社会的・政治的実践の構成部分として確立しようとする努力」（Hirsch 1980:154）として評価されていた。同時に、オルタナティブ運動が、分散性、包括的なプログラム・戦略・組織の拒絶、参加者の具体的な経験と欲求や主体的解放への関心などの点で「改良主義」であるという嫌疑を向けられていることに対して、運動の革命的性格は、どの程度ブルジョア社会の経済的・社会的構造に具体的に穴をあけ、そうした契機をその組織・生活・交通形態において、欲求・利益・経験との関わりにおいて実現しうるかにおいて計られるとして、ヒルシュはオルタナティブ運動を擁護していた（Hirsch 1980:132）。こうしてヒルシュは、政党、選挙、官僚制、国家など既存の制度に依拠して社会を変革しようと信じている制度的改良主義政治と区別して、「ラディカルな改良主義」を提唱することになる。市民的イニシアティブ、エコロジー運動、オルタナティブ運動、女性運動などを含めた「新しい社会運動」は、制度化と対抗文化のあいだでゆらぎながらも、ともかく経験や学習を可能にする社会革命的インフラストラクチャーを基盤にして発展するだろうと予想されていた。

ヒルシュは、チェルノブイリ原発事故の直後86年に出版した著作『資本主義の新しい相貌』（Hirsch/Roth 1986）でも、新しい社会運動が周辺に追いやられるのか社会形成に寄与するのかを問いつつ、新しい社会運動の発展を展望する。ヒルシュは、新しい社会運動における個人の政治的自発性、理念と言説の多様性に着目しながらも、二つの傾向に注目していた（Hirsch/Roth 1986:218-222）。

第一に、ヒルシュが注目するのは、「地方の運動環境」である。フォーディズム以前、資本主義的社会編成化が完全に浸透する以前は、労働者の独自の生活圏（ミリュー）が社会運動としての労働運動の基盤であった。

ヒルシュたちは、労働運動の母胎だった労働者生活圏との類比でフォーディズムの危機の中で、新しい社会運動の「運動環境（ミリュー）」が地方で形成されていることに注目していた。地方の運動環境は、コミュニケーション・センター、新聞社や出版社等のオルタナティブ経営など新しい生活や労働を実践する学習と実験と経験の場となり、ラディカルでオルタナティブな政治志向を支えていた。

第二に、「市民的イニシアティブ」は、持続的な市民集団として、日常生活への介入や生活の質への攻撃を防いだり、公的サービスを通じた生活の機会の改善を請求したりして、「媒介的政治文化」を形成している。この「媒介的政治文化」は、地域や地域を越えた提携を強め、社会運動の提携を可能にした。連邦レベルの緑の党の成功は、市民的イニシアティブの提携が基盤になっている。

デモへの動員、警察との衝突などメディアが注目する事件ではなく、運動環境という新しい社会運動のインフラストラクチャーを重視することが、ヒルシュの新しい社会運動の特徴である。ヒルシュは、80年代中頃までの経験から、「地方の運動環境」と「媒介的政治文化」の結びつきの中に「ラディカルな改良主義」の具体化と新しい社会運動の発展を期待していた。なによりも、国家を通じた社会変革を志向する国家改良主義への批判と社会的な自己組織化や自律的な政治的公共圏の重視が、ヒルシュの新しい社会運動論の特色である。

### 3.4 新しい社会運動と新自由主義

ドイツにおける新しい社会運動は、70年代末から80年代に、フォーディズムの危機と再編成の中で大きく発展し、八三年には緑の党が連邦議会に議席を獲得するまでになった。しかし同時期に、八二年自由民主党の離反により社会民主党と自由民主党の連立政権が崩壊し、キリスト教民主同盟と自由民主党の新自由主義連立政権が成立した。ドイツでは、社会民主党政権から新自由主義政権への政権交代と緑の党の連邦議会進出が同時に起こった。つまり、ドイツにおいてはポスト・フォーディズムは、新自由主義と新しい社会運動のどちらかが主要な担い手になるのかではなく、その両者が競合するなかで模索されることになる。こうしたドイツの状況は、ヒルシュの議論にも大きな影響を与えている。

ヒルシュは、『資本主義にオルタナティブはないのか?』（Hirsch 1990=1997）など90年代以降の著作において、新しい社会運動がフォーディズムの危機と再編成において果たした役割とその帰結を検討している。第一に、フォーディズムに対する批判が新しい社会運動と新自由主義に共通している点から、新しいヘゲモニー・プロジェクトが貫徹する際に新しい社会運動の果たした役割が取り上げられる。第二に、新しい社会運動が緑の党

として制度化されたことの帰結が取り上げられる。

ポスト・フォーディズム的蓄積戦略の論理の核心は、資本収益を回復するために、グローバル化を通じた合理化とフレキシブル化を実行することにある。80年代に勢力を増した新自由主義政権は、綱領として、国家介入の抑制や脱官僚制化を掲げるとともに、規制緩和や市場諸力の解放を目指した。

第一に、ヒルシュによれば、このようなヘゲモニー・プロジェクトが貫徹するに際して、大量消費社会や官僚制化に対する異議申し立て運動の批判も重要な役割を果たした。新しい社会運動は、労働者階級がフォーディズム的階級妥協に組み込まれてしまったあとで、この社会モデルに対してイデオロギ的・理論的・実践的批判を加え、社会編成化の新しい形態を模索した。しかし、フォーディズムの危機の中で形成されつつあるものは、新しい社会運動が当初抱いていたイメージからかなり離れている。新しい社会運動は、意志に反して「ポスト・フォーディズム的」資本主義の助産婦になり、最終的には自らが関与して押し進めた危機の過程と再編成過程の犠牲者になったと評価される（Hirsch 1995a:65=1998:71）。要するに、新しい社会運動が提起したフォーディズム批判、とりわけ監視国家、官僚制化、規格化などへの批判は、新自由主義に横取りされてしまったのである。ヘゲモニー・プロジェクトは、多様な政治的言説を組み合わせ、結合して形成される。新しい社会運動によるフォーディズム批判の言説が新自由主義の言説に組み込まれることは大いに可能である。「大きな政府」か「小さな政府」かという二者択一が支配的な対立軸になるとき、新しい社会運動によるフォーディズム批判は無力化されてしまう。

第二に、新しい社会運動は、緑の党として連邦議会に議席を獲得した。新しい社会運動は、政党として既存の政治制度の一角を占めるようになって、「反政党」としての政党でありつづけることが困難になっていく。緑の党も、議会制度という政治的形態の中で、「政党の機能原理」にしたがって「普通の政党」になったにすぎないとして、ヒルシュが改めて議会制度を含めた政治的形態の機能を踏まえて、制度と社会運動の関係を問い直すことになった（Hirsch 1990:163=1997:181）。

### 3.5 新しい社会運動と「ラディカルな改良主義」

ヒルシュは、新しい社会運動がフォーディズムの危機の中で果たした役割を踏まえて、社会民主主義の「国家改良主義戦略」に対抗して提起した「ラディカルな改良主義」の構想を、新自由主義戦略に対抗する戦略として90年代に改めて提起する。

第一に、「ラディカルな改良主義」は、「国家の征服」を中心に置く国家改良主義とは異なり、生活様式や

日常実践といった「ミクロの次元」を核として、生活様式や生産様式、意識形態、分業関係や性的関係などからなる社会構造の変革を目指している。すなわち、解放の政治は、国家の制度や構造に依拠することはできず、社会的自己組織化、実践的なイニシアティブとプロジェクトのネットワーク、自律的な政治的公共圏、要するに「文化革命」を必要としている。以上が「ラディカルさ」と意味するとしたら、「改良主義」とは、長期にわたる経験過程や学習過程を前提とするゆっくりした変革過程を意味する。

第二に、解放の政治は、国家や資本の制度の内部にあって、制度に抗する政治でなければならない。制度の改良を積み重ねるためには、反制度的なイニシアティブや運動を必要とする。例えば、人民投票の要素の導入、行政の広範な公開性の導入、官僚制に対する政治による統制など、国家的・政治制度の民主化を進めるためには、制度外の政治が必要とされる。

ヒルシュは、解放の政治が制度政治の改良にとどまらず、文化革命を伴っていなければならないとして、国家改良主義とは異なる立場を維持しつつ、制度外の運動に依拠しつつ制度の改良を積み重ねる必要性を強調するようになる。そこには「小さな政府」か「大きな政府」かという二者択一を回避しつつ、制度外の運動に依拠しながら、制度の改良を重ねていく方向が示唆されている。しかし、資本主義のグローバル化が進行する中で、「ラディカルな改良主義」が国民国家の次元だけで考えていいのかどうかも問われていく。

## § 4 国民的競争国家とNGO

### 4.1 グローバル化と「ラディカルな改良主義」

「ラディカルな改良主義」は、フォーディズムの危機の中で国家による上からの「国家改良主義戦略」に対する批判として提起された。しかし、地球規模の環境や貧困の問題に関して、そもそも国民国家の問題解決能力に疑問が投げかけられている。問題の焦点が、国民国家の次元からグローバルな次元に移動しているように見える中で、NGOがグローバルな民主主義にとって重要なアクターとして注目されている。

これに対してヒルシュは、資本主義のグローバル化が「国民国家の空洞化」ではなく「自由民主主義の空洞化」を引き起こしているとして、自由民主主義を空洞化させている国民国家が果たして解放の政治の拠点になるのかという問題意識から、グローバルな次元における解放の戦略として「ラディカルな改良主義」を練り直そうと試みている。ここでは、資本主義のグローバル化が安全保障国家をどのように変容させているのか、また

NGOがグローバルな民主主義に寄与しうるのか、以上の点についてヒルシュの議論を検討してみたい(Bonefeld 1999)。

### 4.2 ポスト・フォーディズムと国民的競争国家

フォーディズムが危機に陥る中で新自由主義の構想は、国家介入の抑制や脱官僚制化を綱領として掲げるとともに、規制緩和や市場諸力の解放を目指した。その結果として実行された資本やサービスの取引の自由化などが資本主義のグローバル化を推し進めることになった。なによりもグローバル化の攻勢は、フォーディズム時代のケインズ主義的・国家改良主義的調整様式の粉碎に狙いを定めた政治戦略であった。ヒルシュは、その結果出現した「ポスト・フォーディズム」国家を「国民的競争国家」と呼ぶ。「国民的競争国家」の機能論理は、国際的によりフレキシブルになっている資本にとって「立地点」の収益性を高めるように、グローバルな競争力の確保という目標へと国民を広範に動員することにある(中村 1996b)。

少なくともフォーディズムのもとでは、国民国家の枠内で比較的平等な社会・経済的条件が実現するだろうという見込みがありえた。さらにフォーディズム国家は、国内市場の発展を目指していたし、国際的調整連関の枠内で経済政策や社会政策などある程度まで独自に行うことができた。少なくとも資本主義の中心諸国では、同質の「ひとつの国民」からなる「国民国家」というイメージには一定の現実的内実が対応しており、フォーディズム国家は「ケインズ主義的福祉国家」でもあった。つまり、フォーディズム的「安全保障国家」には、「監視国家」と「福祉国家」の側面がありえたが、ポスト・フォーディズム的「国民的競争国家」では、「福祉国家」の側面が失われ、「監視国家」の側面が強化されることになる。

### 4.3 国民的競争国家のヘゲモニー・プロジェクト

「安全保障国家」から「国民的競争国家」への変容にとともに、国家の機能論理の転換だけではなく、ヒルシュが「正当化言説の国際化」と呼ぶ正当性原理の転換が生じている(Hirsch 1995a:149=1998:73)。グローバル化する世界市場という条件のもとでは、国際資本の利害を考慮しない国家政治は失敗が運命づけられている。その結果、無限の成長、所得の持続的上昇、社会保障の強化に支えられたフォーディズムの政治的正当化モデルは根拠を失った。

国民的競争国家においては、国民国家が「空洞化」しつつあり、国民国家による政策的自由裁量の余地が極端に切りつめられつつあるという命題は、現実を反映している以上に、イデオロギー的なプロパガンダの決まり文

句になっており、資本主義的な合理化過程と再編成過程の浸透は、この決まり文句の助けを借りて正当化されている。こうした正当化言説それ自体が「世界市場の物的強制」を作り出しているのである（Hirsch 1995:196=1998:232）。

さらに、ヒルシュによれば、「市民社会的全体主義」という新しい形態の全体主義が、ヘゲモニー・プロジェクトとして国民的競争国家を支えている。「市民社会的全体主義」は、暴力やテロに支えられた独裁ではなく、「市民社会」の構造に根ざしており、代表民主主義の制度的枠内で、グローバルに解き放された市場経済を土台にして、国際的経済戦争のために全国民を動員している。この全体主義の核心にある特徴は、現存する社会的・経済的諸関係を変えないものとして巧妙に説明すると同時に、相対的な特権を確保ないし創出するために、激化する闘争に国民、地域、共同体を巻き込むという点にある。「市民社会的全体主義」では、自由への脅威は、国家の強制に由来しているのではなく、社会を形成・変革する実践の可能性が人間の意識から消し去られていることに由来する。要するに、国民的競争国家と「市民社会的全体主義」において、社会的オルタナティブが喪失して、社会的諸関係を実践的に形成する可能性と必要性が意識されないようになっていく。こうして、グローバル化した資本主義の社会的・政治的現実が無条件に承認されていく（Hirsch 1995a）。

#### 4.4 「グローバル・ガバナンス」

資本主義のグローバル化は、安全保障国家から国民的競争国家へ変容させただけでなく、諸国家システムや国際調整制度も大きく変化させている（Hirsch/Görg 1998:321-323）。第一に、労働移民や社会的分裂によって社会の異質化が進行し、国民経済と関連した国家の制御能力が失われて、国家と社会の関係が変化している。第二に、「政策レジーム」の国際化が進行している。フォーディズムは、アメリカのヘゲモニーのもとでグローバルに波及し、安定した。アメリカのヘゲモニーが衰退するとともに、いくつかの分野において諸国家によって自発的に承認された原理、規範、規則、すなわち「政策レジーム」が形成されている。ヒルシュによれば、「政策レジーム」の国際化は、「国民経済」から「体系的競争力」へと政治志向の変化と結びついている。第三に、「政府（ガバメント）」から「統治（ガバナンス）」へと統治様式が変化し、グローバルな次元において、国家が単に第一人者にすぎないような調整ネットワークが生じている。

ヒルシュは、「政策レジーム」や「グローバル・ガバナンス」の形成によって諸国家システムが変容しているを指摘しているわけであるが、こうした変化は、国民国家の

衰退を招いているのか、また民主主義にとってどのような意味を持つのか、ヒルシュはこうした論点を取り上げる。まず第一に、「政策レジーム」や「グローバル・ガバナンス」という政治の様式においては、国家は、衰退するどころか、新たな権力資源を動員できるようになり、国家の能力は高まる。主権国家を法的概念で理解する場合には、主権国家の衰退が語られるかもしれないが、国家を「社会的力関係の物質的凝縮」（プーランズ）として社会関係として国家を理解するならば、政治的形態としての国家は原理的には変化していない。第二に、「政策レジーム」や「グローバル・ガバナンス」の形成は、政策決定が多様な主体の協議過程において下されることになり、政策決定を民主主義的手続きから切り離してしまふ。このようにグローバル化は、国民国家ではなく、自由民主主義を空洞化させていく。

「グローバル・ガバナンス」や「政策レジーム」の形成は、国家に媒介された「ポスト・フォーディズム的」形態であるとして、資本主義の変化と関連づけて把握されている点に、ヒルシュの特徴が見られる。「グローバル・ガバナンス」や「政策レジーム」は、民主主義的手続きを骨抜きにしつつ、資本主義的合理化とフレキシブル化を促進する役割を果たしているというのである。

#### 4.5 NGOの神話と現実

政治の焦点が国民国家の次元からグローバルな次元に移っているように見える中で、国際的民主主義やNGOが注目を浴びてきた。第一に、資本主義のグローバル化とともに、個別国家の範囲を超えた政治的調整がより必要となり、国際的次元が拡大している。さらに国際組織や超国家組織の重要性が増している。第二に、資本主義のグローバル化は、国民国家の能力を縮小させ、自由民主主義を空洞化させる。ところが、国際組織には民主主義が欠けている。第三に、グローバル化とともに、非政府組織（NGO）が増大している（Hirsch/Görg 1998:320-321）。ここから、資本主義のグローバル化にともなって重要性を増している国際組織を民主化する主体として、NGOが注目されることになる。

ヒルシュは、NGOが、政策レジームやグローバル・ガバナンスなどにおいて大きな役割を果たすことが期待されている「NGO神話」に対して、NGOへの過大評価を批判し、NGOが国際的民主主義に貢献できるための条件を検討している。

NGOは、知識と公共圏という政治的資源をもって、メディア、国家、国際組織などに関わるが、その関係は単純ではない。第一に、NGOは、専門知識を持ち現場を熟知しているので、問題の定義や決定の過程や行政的措置の実施において政府や国際組織と協力的な関係にも対立的な関係にも立ちうる。第二に、公共圏をめぐる闘

争は、NGO政治の中心的領域であるが、NGOはメディア産業の協力に頼らざるをえない。

なによりもNGOは、専門的で長期にわたる組織として、継続的に利用できる財政手段に頼っているが、寄付金だけでまかなわれるわけではない。ここから国家、国際組織、私企業などへの依存が生じる。こうした依存は、NGOを道具化するために国家や国際組織によって利用されることになる。NGOと国家の強い結びつきは、財政的依存に由来するだけでなく、自らの目的を実現するために国家の立法・執行上の潜在力に頼っているという事実にも由来する。NGOの有効性は国家の協力姿勢しだいであり、これはつねに国家の目的のためにNGOを道具化する可能性を含んでいる。

ヒルシュは、NGOと国家やメディアなどとの以上のような関係を踏まえて、国際的次元におけるNGOの活動に関して二つの異なる戦略を原理的に区別している(Hirsch/Görg 1998:335)。

第一の戦略は、「対抗権力」である。この戦略は、政府、企業、国際組織の決定に対する批判や反対行動の動員に関係している。NGOは通常、国内レベルと国際レベルの両方で正式のアクセスや参加の権利を欠いているので、制度外戦略と反制度戦略を必要とする。NGOの民主主義的潜在力は、制度的政治の外部で、制度的政治に対抗して活動する能力に基づいている。

第二の戦略は、「規制された協力」である。NGOが、政治的パートナーとして認知され、問題定義、利益媒介、政策決定の形式化された政治過程に関与することをねらっているときに、こうした戦略が生じる。確かに、この戦略は重要であり、必要でもある。しかし、政府や国際組織の観点から見ると、技術的あるいは正当化の動機のためにNGOを組み込むことは、特定の政策のためにNGOの支持を確保するという機能的目的に役に立つ。

ヒルシュは、NGOの二つの戦略を区別した上で、NGOの「対抗権力」戦略の重要性を強調する。というのも、NGOを規制された協力構造に組み込むことは、NGOが道具化される可能性をはらんでおり、本来的に、民主主義的獲得物としては特徴づけられない。対照的に、形式的な参加の拒否と形式的な参加からの相対的な自立、反権力や抵抗の確立は、少なくとも、民主主義的過程の欠如に対する不完全ながらの代替物である。ここからNGOは、国家、国際組織、企業に対する実質的な政治的自律性を守るほどに、民主化過程においてより大きな役割を演じることができると評価される。

またヒルシュは、社会運動の重要性を指摘する。社会運動とは、既存の政治制度の外部における国家から自立した政治的プロジェクトとイニシアティブであると理解されている。NGOの民主主義的重要性は、国家から自立した政治的プロジェクトとイニシアティブとしての社

会運動の存在と発展しだいであるとして、ヒルシュは、「非政府組織」と「運動」を概念的に区別することが重要であるとも強調する。

NGOが国際政治において広く注目されるようになったのは、ブラジルで開催された地球サミット(1992年)など国連主催の国際会議において大きな役割を果たしてきたからである。これは、環境に関する「国際レジーム」ととどまらず、安全保障の領域においても、対人地雷禁止条約締結に際して「地雷禁止国際キャンペーン」(ICBL)が果たした大きな役割などが注目を集めている(目加田 1998, 2003; 毛利 1999)。さらに、シアトルWTO閣僚会議(1999年)以降、国際会議への参加のみならず、国際会議自体への対抗活動も関心を集め、さらに開発援助の分野でも、「NGO」と区別して、国際次元における「社会運動」が注目を集めはじめている(北沢 2003; 定松 2002)。

ヒルシュによる「非政府組織」と「社会運動」の概念的区別は、国際会議に対抗する「社会運動」の重要性を強調するだけではなく、国際会議にかかわるNGOの活動を評価する基準ともなる。国際会議への参加が「規制された協力」へと矮小化されないためにも、NGOが採用する「対抗権力」戦略、自立した政治的プロジェクトとイニシアティブとしての社会運動の重要性が導き出される。

さらに、ヒルシュは、グローバル化にともない、国際的調整の次元が重要性を帯びているにもかかわらず、国際的次元における民主化だけが重要ではないと主張する。グローバル化は、安全保障国家から国民的競争国家への変容を通じて促進されており、国民国家の空洞化ではなく、自由民主主義の空洞化をもたらしている。国内レベルと国際レベルの民主化過程がお互いにある程度影響を与えているという認識から、国際政治の民主化は、基本的には、国内の枠内における新しい民主主義的形態と行為者の出現しだいである。そうした発展は、「国民的競争国家」が自由民主主義に及ぼす空洞化効果に抵抗するかもしれない。

また国内次元と国際次元の民主化が影響しあっているならば、両方の次元における民主主義運動が、国際的民主主義にとって決定的な意義を有している。というのは、国内と地域(リージョン)での闘争を通してのみ、NGOのネットワークが、エリート主義・官僚制的構成や疑似国家的構成になるのを妨げうるからである。それゆえ、「非政府組織」と「社会運動」の概念的区別は、たとえ明確でなくても、分析的にも概念的にも重要である。民主主義的過程から見ると、社会運動の財政的・組織的自立性を保持しながら国家権力を越える社会運動の協力のネットワークを発展させることが重要であると主張される(Hirsch 1999a, 1999b, 2001)。

## § 5 結びに代えて

ヒルシュは、フォーディズムの危機と再編成の中で、「ラディカルな改良主義」の担い手として新しい社会運動に期待していた。「ラディカルな改良主義」は、運動環境という新しい社会運動のインフラストラクチャーを基盤にしながら、制度外の運動に依拠しながら、制度の改良を積み上げていく政治戦略として定式化された。それは、一方で、国家による上からの国家改良主義（「大きな政府」論）を批判しつつ、すべてを市場による解決に委ねる新自由主義（「小さな政府」論）も退けながら、改革を進めようという政治戦略の構想であった。

しかし、新しい社会運動が緑の党として制度化されるとともに、社会運動のインフラストラクチャーが枯渇していく。さらに、「国民的競争国家」が、経済競争のために全国民を動員し、資本主義のグローバル化を推進する中で、ヒルシュは、新たな政治戦略を模索して、注目を集めているNGOの可能性を検討した。

ヒルシュは、フォーディズムの危機の中で、制度外の運動と制度の改革を結びつけるものとして「ラディカルな改良主義」を構想したのと同じように、国際的民主主義の次元においても、制度外と制度内の活動を「分析的に」「社会運動」と「非政府組織」として区別している。同時に、国内と地域（リージョン）の両方における民主主義運動が国際的民主主義にとって重要であると強調する。すなわち、「ラディカルな改良主義」という政治戦略は、フォーディズムの危機の中では国内の政治改革戦略として構想され、制度外の運動と制度内の改革を結びつけることが重要であると強調されていたが、資本主義のグローバル化が進行する中で、国内と国外の民主主義運動が連携することが重視されるとともに、「社会運動」と「非政府組織」が分析的に区別されて、NGOが、国家、国際組織、企業から自立したネットワークを形成することの重要性が強調される。フォーディズムの危機の中で、新しい社会運動に依拠して構想された「ラディカルな改良主義」は、資本主義のグローバル化が進行するポスト・フォーディズムのもとで、制度（非政府組織）と制度外（社会運動）という区別に加えて、国内と国外における民主主義運動を結びつけ、自立した社会運動とNGOの活動を結びつける中に、再定式化されたのである。

ヒルシュの批判的資本主義国家論の特色は、「政治的形態」として「国家の論理」を強調し、グローバル化とともに「国民国家」としての「政治的形態」を強調する点にあった。したがって、「政治的形態」の打破を目指す「ラディカルな改良主義」は、「安全保障

国家」から「国民的競争国家」へ現代国家が変容するとともに、制度外の社会運動と制度改革を結びつけ、さらに国内と国外の民主主義運動の連帯する中に展望を見出してきた。しかし、「安全保障国家」に抗する新しい社会運動の場合、社会運動のインフラストラクチャーが枯渇するとともに、一方で、「大きな政府」か「小さな政府」かという新自由主義の言説に換骨奪胎され、他方では、社会運動の圧力のもとで制度の改革を積み重ねていくよりも、制度の論理に組み込まれていくとして、しだいにヒルシュは新しい社会運動に批判的になっていった。

それでは、グローバル化に抗する「ラディカルな改良主義」は、どのように可能であろうか。ヒルシュの場合、「グローバル・ガバナンス」は、新自由主義的グローバル化を促進する国際的調整機関であるととらえられているが、「グローバル・ガバナンス」に新自由主義的グローバル化を阻止する可能性を見いだそうとする試みもある（Brand 2000）。ヒルシュは、NGOの「対抗権力」戦略、制度外の社会運動を重視する政治構想を提示しているが、「対抗権力」戦略と制度外の社会運動が、どのように制度改革を実行していくのかという制度改革の構想が乏しい。NGOの影響力が強まるとともに、国家によるNGO利用も強まっている中で、「対抗権力」戦略や制度外の社会運動の意義は高まると予想されるが、それらを「グローバル・ガバナンス」の制度改革の構想を結びつけていくことが必要とされるだろう。「制度化の論理」に抗するためにも、制度外の社会運動と制度改革を結びつける理論と実践が求められる。

また、新しい社会運動の場合は、社会運動のインフラストラクチャーが社会運動の母胎として大きな役割を果たしていたのに対して、国家を超えた社会運動の連帯を可能にするインフラストラクチャーははっきりと存在しているわけではない。新自由主義的グローバル化に抗するオルタナティブなグローバル化が、どのようなインフラストラクチャーに支えられるか、あるいは、どのようなインフラストラクチャーを構築していくのか、これは、現在のところ漠然としたままである。国境を越える社会運動のインフラストラクチャーと言うと「グローバルな市民社会」として議論されている。しかし、「グローバルな市民社会」の形成について議論できるとしたら、ヒルシュの議論にしたがえば、すでに存在しているものとしてではなく、「グローバルな市民社会」をいかに構築していくか、というものであろう。

## 参考文献

- 1) Bonefeld, Werner, 1999, "Globalization and the state: A Note on Joachim Hirsch," *Studies in Political Economy*, 58:161-175.
- 2) Brand, Ulrich et al., 2000, *Global Governance: Alternative zur neoliberalen Globalisierung*. Münster: Westfälisches Dampfboot.
- 3) Hirsch, Joachim, 1980, *Der Sicherheitsstaat. Das Modell Deutschland*, seine Krise und die neuen sozialen Bewegungen, Frankfurt a.M.: Europäische Verlagsanstalt.
- 4) Hirsch, Joachim und Roth, Roland, 1986, *Das neue Gesicht des Kapitalismus*, Hamburg: VSA-Verlag.
- 5) Hirsch, Joachim, 1990, *Kapitalismus ohne Alternative?*, Hamburg: VSA Verlag, (=1997, 木原滋哉・中村健吾訳『資本主義にオルタナティブはないのか?』ミネルヴァ書房) .
- 6) Hirsch, Joachim, 1995a, *Der nationale Wettbewerbsstaat*, Berlin: Edition ID-Archiv, (=1998, 木原滋哉・中村健吾訳『国民的競争国家』ミネルヴァ書房) .
- 7) Hirsch, Joachim, 1995b, "Mythos Globalisierung," *links*, 7/8:23-25.
- 8) Hirsch, Joachim und Görg, Christoph, 1998, "Chancen für eine 'internationale Demokratie'?", *Das Argument*, 225:319-344.
- 9) Hirsch, Joachim, 1998, *Vom Sicherheitsstaat zum nationalen Wettbewerbsstaat*, Berlin: ID Verlag.
- 10) Hirsch, Joachim, 1999a, "Nichtregierungsorganisationen als gesellschaftsverändernde Akteure? Anmerkungen zu einem Zählbaren Mythos," MS.
- 11) Hirsch, Joachim, 1999b, "Das demokratisierende Potential von Nichtregierungsorganisationen", *Reihe Politikwissenschaft*, 65:1-22.
- 12) Hirsch, Joachim, 2001, "Des Staates neue Kleider. NGO im Prozess der Internationalisierung des Staates," Brand, Ulrich et al. (hrsg.) *Nichtregierungsorganisationen in der Transformation des Staates*, Münster: Westfälisches Dampfboot.
- 13) Hirsch, Joachim, 2002, *Herrschaft, Hegemonie und Politische Alternativen*, Hamburg: VSA-Verlag.
- 14) Jessop, Bob, 1988, "Postfordismus - Zur Rezeption der Regulationstheorie bei Hirsch," *Das Argument*, 169:380-390.
- 15) 北沢洋子, 2003, 『利潤か人間か: グローバル化の実態と新しい社会運動』コモンズ.
- 16) 中村健吾, 1996a, 「現代ドイツの『市民社会』論争」『経済学雑誌』97(1):13-34.
- 17) 中村健吾, 1996b, 「『国民的競争国家』と『市民社会』」『社会学雑誌』14.
- 18) 樋口進, 1989, 「現代資本主義における階級関係の変化をめぐってーレギュレーション理論と J. ヒルシュの議論の検討ー」『ソシオロジ』106:57-71.
- 19) 目加田説子, 1998, 『地雷なき地球へー夢を現実にした人びと』岩波書店.
- 20) 目加田説子, 2003, 『国境を越える市民ネットワーク』東洋経済新報社.
- 21) 宮本太郎, 1989, 「ポスト・フォーディズムの国家と社会ー J. ヒルシュの政治経済学ー」『経済評論』38(5):50-72.
- 22) 毛利聡子, 1999, 『NGOと地球環境ガバナンス』築地書館.
- 23) Poulantzas, Nicos, 1978, *L'État, le Pouvoir, le Socialisme*, Paris: PUF, (=1984, 田中正人・柳内隆訳『国家・権力・社会主義』ユニテ) .
- 24) 定松栄一, 2002, 『開発援助か社会運動か』コモンズ.
- 25) 田口富久治, 1982, 『現代資本主義国家』お茶の水書房.

# 本校男子学生における運動習慣と体力レベルに関する研究

## －自宅生と寮生の比較－

(非常勤講師) 岩井一師  
(一般科目) 谷岡憲三, 佐賀野健  
(非常勤講師) 長谷川善輝

### Habitual Exercise and Physical Fitness level in Our College Male Students

#### - Comparison between Home Students and Dormitory Students -

(Part-time) Kazunori IWAI  
(Department of General Education) Kensou TANIOKA and Takeshi SAGANO  
(Part-time) Yoshiteru HASEGAWA

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the habitual exercise and the physical fitness level in our college. The subjects were 250 male of our college students. The new fitness test and the questionnaire of their habitual exercise and lifestyle were measured in all subjects. We assigned all subjects into two groups as the day student commuted from a house (house student; HS) and the dormitory student (DS). We obtained the following results.

- 1) There were 142 students in the HS group and 98 students in the DS group.
- 2) Regarding the new fitness test, the DS group showed significantly high values in four factors in comparison to the HS group (grip strength, 50m-sprint, standing jump and total point;  $P < 0.05$ , respectively).
- 3) In the questionnaire, the DS group showed significant differences of three factors relating to exercise ( $P < 0.01$ , respectively).
- 4) On belonging to sports club or not, the physical fitness level of both groups (HS, DS) showed no significant difference.

We conclude that the habitual exercise and the physical fitness level of the dormitory student are higher than the house student.

**Key Words :** habitual exercise, physical fitness level, new fitness test, dormitory student  
運動習慣, 体力レベル, 新体力テスト, 寮生

#### §1 はじめに

文部省(現文部科学省)は1964年度(昭和39年度)から1998年度(平成10年度)までの30年以上に渡って体力・運動能力調査(スポーツテスト, 壮年体力テストなど)を実施し, 国民の体力および運動能力を明らかにして来た。その結果は, 国民の健康・体力づくりや体育・スポーツ活動の指導や行政上の資料として幅広く活用されてきている。しかしながら, 学識研究者や研究発表論文などの報告

により, 当時の文部省は1998年度(平成10年度)以前まで長年実施されて来た「スポーツテスト」を見直した。また, 翌年度から「新体力テスト」が実施されて, 数年度が経過している。

「スポーツテスト」や「新体力テスト」に関する研究は多数報告されている<sup>1-6)</sup>。また, 我々も「スポーツテスト」や「新体力テスト」に関する研究調査報告を行っている<sup>7,8)</sup>。本校学生や国民の健康・体力の維持増進, あるいは体育・

スポーツ活動の更なる発展などの観点からみても、新体力テストを実施し、それらに関して検討を行う事は重要である。

Sjolie は、歩行や自転車などにて活動的な通学をする児童とバス通学などの非活動的な児童とでは、活動的な通学をする児童の体力レベルが高値を示すと報告している<sup>9)</sup>。また、ライフスタイルと身体的な能力との関連性についても述べている。さらに、身体活動は種々の疾患予防(内科的・整形外科的など)に有用との報告もされている<sup>10,11)</sup>。

全国の国立高等専門学校(以下、高専)は、それぞれの高専ごとに学生寮を所有する。その学生寮に居住する学生の体力レベルや運動を含む生活習慣などに関する研究はあまり行われていない。さらに、学生寮における学生指導や本校の実態調査などの観点からこういった検討は極めて重要である。

本研究の目的は自宅から通学する学生と学生寮に居住する学生とにおいて、各々の運動習慣と体力レベルとを検討し、得られた結果を比較する事によりその特性や実態などを明らかにする事とした。

## §2 方法

### 2.1 対象

対象者は本校学生の第4学年と第5学年との男子240名(年齢  $18.6 \pm 0.7$  歳, 身長  $170.7 \pm 5.6$  cm, 体重  $62.7 \pm 9.4$  kg.)とした。学年構成として、第4学生が126名であり、第5学生は114名であった。本研究の対象を第4学年と第5学年とにした理由に、現在の生活環境に適応している点、年齢的に自立しているであろう点などが挙げられた。

学生の居住場所として、自宅から本校に通学する学生(以下、自宅生)、本校内に所在する学生寮に居住している学生(以下、寮生)および自宅生および寮生以外の学生(以下、自宅外生)として区分した。自宅外生においては、他の居住区分の学生と比較して、対象者があまりにも少ない事や必ずしも居住環境が一致しない事などを理由に本研究の対象から除外した。

### 2.2 測定項目と測定期間

身体特性としては、年齢、身長、体重、座高および体脂肪率の項目を測定した。

文部科学省の新体力テスト実施要項(12歳~19歳対象)の実施方法に従い<sup>12)</sup>、8種類のテスト項目(握力、上体起こし、長座体前屈、反復横とび、20mシャトルラン、50m走、立ち幅とび、ハンドボール投げ)の測定を実施した。新体力テスト項目別得点表により<sup>12)</sup>、それぞれの項目に関して得点を算出し、その得点合計についても評価を行った。

さらに、新体力テスト記録用紙に付随しているアンケート6項目(表1参照)に関して<sup>12)</sup>、アンケート調査を行った。アンケートの調査方法は集合調査法で実施し、対象者が自分で質問を読んでいく自由速度法を用いた。

評価項目は身体特性、新体力テストおよびアンケート調査の全ての項目とした。測定および調査期間は平成14年4~5月であった。上述した全ての評価項目に関して、体育の授業内に測定・調査が行われた。その測定・調査場所は、本校内に所在する体育館および運動グラウンドであった。

### 2.3 対象者の健康診断と承諾

対象者は毎年度実施される定期健康診断を受検した。新体力テストを実施する前に、その健康診断から異常所見などが対象者にみられなかった事を確認した。医師から運動の禁止あるいは制限されている対象者は当然の事、新体力テスト実施当日に身体異常を訴える対象者に関しては、新体力テストを実施しなかった。なお、新体力テスト実施にあたり、対象者の健康状態を把握し、事故防止には十分に留意した。

全対象者に対して、新体力テストなどの十分な説明を行

表1 アンケート項目

- 
- |                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| ① 運動部や地域スポーツクラブへの所属状況         |                  |
| 1. 所属している                     | 2. 所属していない       |
| ② 運動・スポーツの実施状況(学校の体育の授業を除く)   |                  |
| 1. ほとんど毎日(週3日以上)              | 2. ときどき(週1~2日程度) |
| 3. ときたま(月1~3日程度)              | 4. しない           |
| ③ 1日の運動・スポーツ実施時間(学校の体育の授業を除く) |                  |
| 1. 30分未満                      | 2. 30分以上1時間未満    |
| 3. 1時間以上2時間未満                 | 4. 2時間以上         |
| ④ 朝食の有無                       |                  |
| 1. 毎日食べる                      | 2. 時々欠かす         |
| 3. まったく食べない                   |                  |
| ⑤ 1日の睡眠時間                     |                  |
| 1. 6時間未満                      | 2. 6時間以上8時間未満    |
| 3. 8時間以上                      |                  |
-

った。その後、対象者から新体力テストなどに関する実施の承諾を得た。

## 2.4 統計処理

統計学的検定にはSPSS (ver11.0J for Windows) を用いた。全ての表には平均値と標準偏差 (平均値±標準偏差) とを示した。自宅生群と寮生群との両群における身体特性および新体力テストの比較は、対応のないt検定を行った。アンケート調査に関する両群の比較には、Mann-WhitneyのU検定を用いた。有意水準は5%とした。

## §3 結果

### 3.1 居住区分の分布

本研究の対象者における居住区分の分布は、自宅生群が142名 (59%) であり、寮生群は98名 (41%) であった。

### 3.2 身体特性の測定結果

自宅生群と寮生群との身体特性の測定結果を表2に示した。身体特性の全ての項目において、自宅生群と寮生群と間に有意な差はみられなかった。

表2 各群の身体特性

	自宅生群 (n=142)	寮生群 (n=98)
年齢 (years)	18.6 ± 0.6	18.6 ± 0.8
身長 (cm)	170.4 ± 5.8	171.1 ± 5.3
体重 (kg)	62.7 ± 9.4	62.8 ± 9.5
座高 (cm)	91.0 ± 3.9	91.7 ± 3.0
体脂肪率 (%)	17.2 ± 4.8	16.9 ± 4.0

(Mean ± SD)

表3 新体力テストの結果

	自宅生群 (n=142)	寮生群 (n=98)	有意差
握力 (kg)	43.3 ± 5.5	45.3 ± 7.1	自宅生群 < 寮生群*
上体起こし (times)	31.0 ± 5.9	31.2 ± 6.2	なし
長座体前屈 (cm)	49.4 ± 8.5	51.1 ± 8.9	なし
反復横とび (times)	56.4 ± 4.6	57.3 ± 5.3	なし
20mシャトルラン (times)	82.5 ± 21.8	87.9 ± 23.3	なし
50m走 (sec)	7.4 ± 0.5	7.3 ± 0.5	自宅生群 < 寮生群*
立ち幅とび (cm)	223.7 ± 20.7	230.5 ± 19.3	自宅生群 < 寮生群*
ハンドボール投げ (m)	27.5 ± 4.8	28.0 ± 5.3	なし
得点合計 (total point)	54.0 ± 8.1	56.8 ± 9.1	自宅生群 < 寮生群*

\* :  $P < 0.05$

(Mean ± SD)

3.3 新体力テストの測定結果

新体力テストの測定結果を表3に示した。

自宅生群と寮生群との比較において、握力、50m走、立ち幅とび、得点合計の項目に関して有意な差がみられた。

有意な差がみられな全ての項目においては、寮生の体力レベルが高値を示した（それぞれ $P<0.05$ ）。また、有意な差がみられなかった5つの評価項目においても寮生群の体力レベルが高値を示した。

3.4 アンケート調査の結果

アンケート調査において、調査分布の結果を表4に示した。

自宅生群と寮生群とのアンケート調査の比較は、アンケ

ート調査の全ての項目において有意な差がみられた。「運動部や地域スポーツクラブへの所属」の項目において、寮生群の所属率が有意に高値を示した（ $P<0.01$ ）。「運動・スポーツの実施状況」の項目において、寮生群の実施状況が有意に高頻度であった（ $P<0.01$ ）。「1日の運動・スポーツクラブ実施時間」の項目において、自宅生群の運動実施時間が有意に短かった（ $P<0.01$ ）。「朝食の有無」の項目において、自宅生群の朝食摂取率が有意に高値を示した（ $P<0.01$ ）。「1日の睡眠時間」の項目において、寮生群の睡眠時間が有意に長かった（ $P<0.01$ ）。「1日のテレビの視聴時間」の項目において、寮生群の視聴時間が有意に短かった（ $P<0.01$ ）。

表4 アンケート調査の結果

	自宅生群 (n=142)	寮生群 (n=98)	有意差
① 運動部や地域スポーツクラブ への所属状況			
1. 所属している	44% (n=63)	66% (n=65)	自宅生群 < 寮生群 **
2. 所属していない	56% (n=79)	34% (n=33)	
② 運動・スポーツの実施状況			
1. ほとんど毎日(週3日以上)	23% (n=32)	39% (n=38)	自宅生群 < 寮生群 **
2. ときどき(週1~2日程度)	27% (n=38)	31% (n=30)	
3. ときたま(月1~3日程度)	30% (n=43)	20% (n=20)	
4. しない	20% (n=29)	10% (n=10)	
③ 1日の運動・スポーツ実施時間			
1. 30分未満	57% (n=81)	34% (n=33)	自宅生群 > 寮生群 **
2. 30分以上1時間未満	18% (n=26)	18% (n=18)	
3. 1時間以上2時間未満	11% (n=15)	12% (n=12)	
4. 2時間以上	14% (n=20)	36% (n=35)	
④ 朝食の有無			
1. 毎日食べる	66% (n=94)	49% (n=48)	自宅生群 > 寮生群 **
2. 時々欠かす	25% (n=35)	33% (n=32)	
3. まったく食べない	9% (n=13)	18% (n=18)	
⑤ 1日の睡眠時間			
1. 6時間未満	49% (n=70)	32% (n=31)	自宅生群 > 寮生群 **
2. 6時間以上8時間未満	50% (n=71)	66% (n=65)	
3. 8時間以上	1% (n=1)	2% (n=2)	
⑥ 1日のテレビの視聴時間			
1. 1時間未満	28% (n=40)	48% (n=47)	自宅生群 < 寮生群 **
2. 1時間以上2時間未満	37% (n=52)	29% (n=28)	
3. 2時間以上3時間未満	20% (n=28)	14% (n=14)	
4. 3時間以上	15% (n=22)	9% (n=9)	

\*\* :  $P<0.01$

表5 運動部所属における新体力テストの結果

	自宅生群 (n=63)	寮生群 (n=65)
握力 (kg)	43.9 ± 5.3	45.5 ± 7.0
上体起こし (times)	32.3 ± 5.4	32.9 ± 5.9
長座体前屈 (cm)	50.1 ± 7.8	51.0 ± 9.0
反復横とび (times)	57.0 ± 4.1	58.5 ± 4.8
20mシャトルラン (times)	92.4 ± 21.0	95.4 ± 21.0
50m走 (sec)	7.3 ± 0.5	7.1 ± 0.4
立ち幅とび (cm)	227.1 ± 18.5	232.2 ± 18.3
ハンドボール投げ (m)	28.4 ± 4.9	29.3 ± 5.2
得点合計 (total point)	56.9 ± 7.0	59.3 ± 8.3

(Mean ± SD)

表6 運動部非所属における新体力テストの結果

	自宅生群 (n=79)	寮生群 (n=33)
握力 (kg)	42.8 ± 5.7	45.0 ± 7.4
上体起こし (times)	29.9 ± 6.0	27.8 ± 5.3
長座体前屈 (cm)	48.8 ± 9.0	51.2 ± 9.0
反復横とび (times)	55.9 ± 4.9	54.9 ± 5.6
20mシャトルラン (times)	74.5 ± 19.0	73.0 ± 20.5
50m走 (sec)	7.5 ± 0.5	7.5 ± 0.5
立ち幅とび (cm)	220.9 ± 22.1	227.0 ± 20.8
ハンドボール投げ (m)	26.7 ± 4.6	25.6 ± 4.7
得点合計 (total point)	51.6 ± 8.1	51.8 ± 8.7

(Mean ± SD)

表7 運動部所属の有無における新体力テストの結果

	所属群 (n=128)	非所属群 (n=112)	有意差
握力 (kg)	44.7 ± 6.3	43.4 ± 6.3	なし
上体起こし (times)	32.6 ± 5.6	29.3 ± 5.9	所属群 > 非所属群 **
長座体前屈 (cm)	50.6 ± 8.4	49.5 ± 9.0	なし
反復横とび (times)	57.7 ± 4.5	55.6 ± 5.1	所属群 > 非所属群 **
20mシャトルラン (times)	94.0 ± 21.0	74.1 ± 19.4	所属群 > 非所属群 **
50m走 (sec)	7.2 ± 0.4	7.5 ± 0.5	所属群 > 非所属群 **
立ち幅とび (cm)	229.7 ± 18.5	222.7 ± 21.8	所属群 > 非所属群 **
ハンドボール投げ (m)	28.9 ± 5.0	26.4 ± 4.6	所属群 > 非所属群 **
得点合計 (total point)	58.1 ± 7.8	51.7 ± 8.3	所属群 > 非所属群 **

\*\* : P&lt;0.01

(Mean ± SD)

### 3.5 運動部所属における新体力テストの結果

アンケート調査の結果(表4参照)から、運動・スポーツに関する項目のすべてにおいて、自宅生群と寮生群との間には有意な差が得られた。寮生群が運動を習慣的に行っていた。我々は特にアンケート項目①の「運動部や地域のスポーツクラブへの所属状況」に着目し、さらに運動部所属の有無べつによる自宅生群と寮生群との新体力テストの比較を試みた。その結果として、運動部に所属している自宅生と寮生との比較を表5に示し、運動部に所属していない自宅生と寮生との比較を表6に示した。運動部に所属する自宅生群と寮生群との比較において、新体力テストの項目から有意な差は得られなかった。また、運動部に所属していない学生に関しても、自宅生群と寮生群との比較は、新体力テストの項目から有意な差はみられなかった。

参考として、本研究の全対象者を自宅生と寮生とに関係なく、アンケート項目①の「運動部や地域のスポーツクラブへの所属状況」に関して、「所属している(以下、所属群)」と「所属していない(以下、非所属群)」とにおいて、新体力テストに関してさらに検討を行った。その結果を表7に示した。全ての項目において、所属群が非所属群よりも体力レベルが高値を示した。また、所属群と非所属群との間に有意な差がみられた項目は、上体起こし、反復横とび、20m シャトルラン、50m 走、立ち幅とび、ハンドボール投げ、得点合計であった(それぞれ、 $P<0.01$ )。

## §4 考察

本研究は、本校における第4,5学年の高専生を対象に、身体特性、新体力テスト、アンケート調査の項目に関して測定・調査を行った。自宅から本校に通学する自宅生と本校内に所在する学生寮に居住している寮生とにおいて、運動慣習、体力レベルや生活習慣などの実態把握、それぞれの相違を目的に自宅生と寮生との比較・検討を行った。その結果、新体力テストおよびアンケート調査において、自宅生と寮生との間に有意な差がみられた。とりわけ新体力テストとアンケート調査の運動・スポーツに関する項目においては寮生が高値を示した。

本研究の新体力テストの結果に関して、全ての項目において寮生群の体力レベルが高値を示し、握力、50m 走、立ち幅とび、得点合計の項目において有意な差を示した。

Sjolie の報告によれば、身体的な能力は日常の習慣的な活動などと関連性があると指摘している<sup>9)</sup>。本研究の新体力テストは寮生群が高値を示した。しかしながら、新体力テストの結果だけでは、寮生群の体力レベルがなぜ高値だったかを考察する事は困難である。そこで、本研究のアンケート調査の結果とその関連性に関して以下に考察を加える。

本研究のアンケートは、新体力テスト記録用紙に付随し

ているアンケート6項目を調査した(表1参照)。アンケート項目において、①～③は運動・スポーツに関する項目であった(①所属状況、②実施状況、③実施時間)。その3項目の全ては自宅生群と寮生群との間に有意な差がみられ、寮生群が自宅生群より運動習慣があると判定された。

上述のごとく、身体的な能力は日常の運動活動と関連している指摘がなされている<sup>9)</sup>。新体力テストの全ての項目において、寮生群が自宅生群より体力レベルが高値を示したのは、アンケート調査の結果が示すように、日常から運動・スポーツなどに寮生群がより従事していたためと考えられる。

そこで、本研究では特にアンケート項目①の「運動部や地域のスポーツクラブへの所属状況」に着目して、運動部所属の有無べつに、それぞれ自宅生と寮生との検討を行った。その結果、運動部所属、非所属の両方ともに、新体力テストの項目において、自宅生と寮生との間に顕著な差が得られなかった。このことは、自宅生と寮生とにおいて、運動部所属の有無べつにみれば、体力レベルの差が観察されないということを示している。

本研究において、寮生群の体力レベルが自宅生群よりも高値を示した要因の一つとして、運動・スポーツの所属状況、実施状況、実施時間において、寮生群が自宅生群よりも運動・スポーツにより従事していた点が挙げられる。また、このことは、運動部所属の有無べつにおいて、自宅生と寮生との新体力テストの比較で、運動部所属の有無ともに、顕著な差が得られなかった事からも十分に伺える。

体力レベルが日常的な運動・スポーツに関連しているというアンケート結果から、あるいは、日常的な運動・スポーツが体力レベルにどの程度影響を及ぼすのかという観点から、アンケート項目①の「運動部や地域のスポーツクラブへの所属状況」に関して、「所属している(以下、所属群)」と「所属していない(以下、非所属群)」とにおいて、本研究の対象者にそれぞれ新体力テストの比較を行った(表7参照)。以下に、運動部などの所属の有無において、新体力テストの考察を続ける。

運動部の所属有無において、所属群の体力レベルが大半の項目で有意な差がみられ、所属群の体力レベルが高かった。とりわけ新体力テストの8項目を得点換算した得点合計において、所属群の平均値は58.1点であり、非所属群の平均値は51.7点であった。総合評価基準表によれば<sup>12)</sup>、その所属群と非所属との得点合計では総合的評価の段階が一段階も異なっている。運動部所属群に関しても、運動強度や運動頻度などが必ずしも一定ではないものの、新体力テストの各項目あるいは総合的評価において、運動部所属群の体力レベルが高値を示すことから、日常的な運動習慣や定期的な運動などが体力レベルに影響していると十分に考えられる。

アンケート項目②の「運動・スポーツの実施状況」におい

て、「しない」と答えた学生は自宅生群では20%であり、寮生群は10%であった。このように、運動やスポーツをしない学生の差がそれぞれの群の体力レベルに差がみられたのかもしれない。また、アンケート項目③の「1日の運動・スポーツ実施時間」において、「30分未満」と答えた学生は自宅生群では57%であり、寮生群は34%であった。各学生の運動・スポーツの概念や定義が違うのかもしれないが、自宅生群において、「30分未満」と答えた学生は自宅生全体の半数以上である。本校学生の新体力テストに付随するアンケート調査からみても、若年者の運動時間の短さが伺えた。身体活動は種々の疾患予防（内科的・整形外科的など）に有用と報告されており<sup>10,11)</sup>、若年者の運動不足はこういった観点からも深刻である。

吉田らはスポーツテストのデータ解析を横断的解析と縦断的解析とで分析し、中学校3年生以降、体力を向上させるための運動刺激が不十分であったと報告した<sup>13)</sup>。また、体育の授業において、生涯スポーツを念頭に置き、児童・生徒にスポーツの楽しさを学ばせる事は重要であるが、同時にそれぞれの年齢段階で体力水準を漸増させる重要性も指摘している<sup>14)</sup>。同様に、我々は体育の授業や学校体育での運動量の獲得には限界があるものの、いかに本校学生の運動量を獲得するかという点にも考慮しなければならないと考えている。

本研究で、初めて自宅生と寮生との体力レベルの相違が指摘できた。今回の結果だけでは、第4学年以下の学生に関して結論は出せず、また運動部などに所属し、運動やスポーツを好む学生に寮生が多いのか、寮生が運動部などに所属しやすいのかなどに関しても、結論は出来ない。しかしながら、日常的に運動・スポーツに従事している事は体力レベルが高い要因の一つであると考えている。

本研究では、現在の生活環境に十分に適応している点、年齢的に自立しているであろう点などを理由に、第4学年と第5学年とを対象にした。今後、それら以下の学年に関して、とりわけ自宅外生、本校以外の国立高等専門学校との比較などについて新体力テストやアンケート調査などを検討していく予定である。

## §5 まとめ

本研究は、本校の第4学年と第5学年との男子学生240名の学生を対象に、身体特性と新体力テストとの測定およびアンケート調査を実施した。これらの項目を自宅生と寮生との比較を行ったところ、以下のような結果が得られた。

- 1) 自宅生は142名であり、寮生は98名であった。
- 2) 身体特性においては、有意な差はみられなかった。
- 3) 新体力テストに関して、握力、50m走、立ち幅とび、得点合計の項目が自宅生と寮生との間に有意な差がみられ、寮生の体力レベルが高値を示した。

4) アンケート調査に関して、調査結果は全ての項目において自宅生と寮生との間に有意な差がみられた。特に寮生は運動部や地域のスポーツクラブにおける所属率が有意に高値だった。

5) 寮生における運動部などの所属率が有意に高値を示した。そこで、運動部所属の有無について、それぞれ自宅生群と寮生群との新体力テストの比較を試みた。運動部に所属している学生は128名（自宅生群63名、寮生群65名）であり、所属していない学生は112名（自宅生群79名、寮生群33名）であった。運動部所属している自宅生群と寮生群、所属していない自宅生群と寮生群、両比較において有意な差が得られなかった。

以上の結果から、本校内に所在する寮に居住する学生は自宅から通学する学生より運動が習慣化されており、体力レベルにおいても、寮に居住する学生の方が自宅から通学する学生より高いことが観察されたと結論した。

## 謝 辞

本稿執筆にあたり、本研究の新体力テスト測定などにご協力頂いた、2002年度に在籍した呉工業高等専門学校の学生さんに心より深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 小川 広, 古川浩洋, 村中宏行, スポーツテストにみる本校学生の発育発達についての研究—1992~1994年度入学生5年間の経年変化から—, 東京都立工業高等専門学校研究報告, 35, 79-85, 1999.
- 2) 宅島 章, 新文部省スポーツ・20mシャトルランの妥当性 高専男子について, 八代高専紀要, 23, 107-113, 2001.
- 3) 伊藤義和, 伊藤道郎, 高津浩彰, 藤本巳由紀, 豊田工業高等専門学校における新スポーツテストの検証, 豊田工業高等専門学校紀要, 32, 225-230, 1999.
- 4) 平間哲雄, 穴戸隆之, 柔道受け身の習熟水準とスポーツテストの関係について, 宮城工業高等専門学校紀要, 37, 107-111, 2001.
- 5) 緒方和男, 久保田敬三, 山井正己, スポーツテストを通してみた平成3年度入学生の体格・体力の推移 第4報, 長岡工業高等専門学校紀要, 32(2), 111-119, 1996.
- 6) 石尾 潤, 中村貢治, 中山克彦, 本校学生のスポーツテストに関する調査研究 (平成6年度男子学生), 宇部工業高等専門学校研究報告, 43, 221-225, 1997.
- 7) 谷岡憲三, 佐賀野健, 田村恵司, 幸田三広, 長谷川善輝, 本校学生の体力レベルと生活習慣に関する調査研究—新体力テストの導入元年—, 呉工業高等専門学校

- 研究報告, 62, 7-21, 2000.
- 8) 榎 孝雄, 石嶋篤司, 谷岡憲三, 本校学生のスポーツテストに関する調査研究 (第3報), 呉工業高等専門学校研究報告, 28(1), 73-103, 1992.
  - 9) Sjolie A. N., Access to Pedestrian Roads, Daily Activities, and Physical Performance of Adolescent, SPINE, 25(15), 1965-1972, 2000.
  - 10) Pate R.R., Pratt M., Blair S.N., Haskell W. L., Macera C.A., Bouchard C., Buchner D., Ettinger W., Heath G. W., King A. C., Physical activity and public health. JAMA, 273, 402-407, 1995.
  - 11) Salminen J. J., Oksanen A., Maki P., Kujala U. k., Leisure Time Physical Activity in the Young: Correlation with Low-Back Pain, Spinal Mobility and Trunk Muscle Strength in 15-Year-Old School Children, Int. J. Sports Med., 14(7), 406-410, 1993.
  - 12) 文部科学省スポーツ・青少年局, 平成13年度 体力・運動能力調査報告書, 2. 新体力テスト実施要項 (12歳~19歳対象), 202-217, 2002.
  - 13) 吉田博幸, 加賀谷熙彦, 埼玉県資料にみるスポーツテスト結果の推移-第1報 横断的および縦断的方法でみた体力診断テスト結果の変遷-, 体育の科学, 51(4), 328-334, 2001.
  - 14) 吉田博幸, 加賀谷熙彦, 埼玉県資料にみるスポーツテスト結果の推移-第2報 横断的および縦断的方法でみた運動能力テスト結果の変遷-, 体育の科学, 51(5), 395-399, 2001.

# ヘルツ接触の場合の移動熱源による瞬間温度上昇について

(機械工学科) 河野正来, 灘野宏正, 中迫正一

(専攻科機械電気工学専攻) 徳永将博

## On the Flash Temperature Rise Caused by Moving Heat Source under Hertzian Contact

(Department of Mechanical Engineering) Masaki KOHNO, Hiromasa NADANO

and Masakazu NAKASAKO

(Advanced Mechanical and Electrical Engineering Course) Masahiro TOKUNAGA

### Abstract

To investigate surface failure by scoring of gears, it is necessary to exactly evaluate the flash temperature rise generated on the meshing faces of the gears. In this report, the flash temperature rise caused by the moving heat source of which the distribution of heat intensity is assumed to be elliptical was calculated under the assumption of a three-dimensional heat flow. Further, the flash temperature rise caused by elliptically distributed heat source was compared to that caused by parabolically distributed heat source. From the calculated results it was found that the maximum value of the flash temperature rise caused by parabolically distributed heat source was about 1.07 times as large as that caused by elliptically distributed heat source.

**Key Words :** Flash Temperature Rise, Moving Heat Source, Hertzian Contact, Gear  
瞬間温度上昇, 移動熱源, ヘルツ接触, 歯車

### § 1 結 言

歯車のスコアリング強さを評価する場合には、歯面に発生する瞬間温度上昇が重要な指標となる。歯面が弾性接触する場合、ヘルツの接触応力の分布は楕円状となるので、瞬間温度上昇を計算する場合には歯面上に発生する摩擦熱による熱源の熱量密度の分布は、楕円状とするのが妥当であると考えられる。

寺内ら<sup>1)</sup>は、線接触における放物線状分布熱源と角柱状分布熱源及び点接触における回転放物体状分布熱源と円柱状分布熱源について、三次元熱流と考えた場合の移動熱源による瞬間温度上昇式を誘導している。また、Francis<sup>2)</sup>は回転楕円体状分布熱源について、移動熱源及び静止熱源による瞬間温度上昇について報告している。しかしながら、線接触の場合の楕円状移動分布熱源による瞬間温度上昇を計算した報告は見受けられない。

本研究では、面熱源の形状が長方形で、熱源の熱量密度の分布を楕円状とした場合の移動熱源による瞬間温度上昇について、三次元熱流による瞬間温度上昇式を

誘導し、種々の条件について計算を行った。また、放物線状分布移動熱源による瞬間温度上昇との比較、検討を行った。

### § 2 記 号

$2a$  : 熱源の移動方向に対して直角方向の幅  $m$

$c$  : 比熱  $J / (kg \cdot K)$

$K$  : 熱伝導率  $W / (m \cdot K)$

$Q$  : 単位時間当たりの発生熱量  $J / s$

$q_0$  : 単位時間当たりの熱量密度の最高値  $W / m^2$

$2R$  : 熱源の移動方向の幅  $m$

$t$  : 時間  $s$

$V$  : 熱源の移動速度  $m / s$

$\theta$  : 温度  $^{\circ}C$

$\kappa$  : 熱拡散率  $m^2 / s$

$\rho$  : 密度  $kg / m^3$

## 無次元量

$$\begin{aligned}
 A &= Va / (2\kappa) & L &= VR / (2\kappa) \\
 s &= V^2 (t-t') / (2\kappa) & T &= \pi KV \theta / (\kappa q_0) \\
 u &= x' / R & X &= Vx / (2\kappa) \\
 Y &= Vy / (2\kappa) & Z &= Vz / (2\kappa)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= \frac{Q}{4(\pi\kappa)^{3/2} \rho c (t-t')^{3/2}} \\
 &\times \exp \left\{ -\frac{(x-x')^2 + (y-y')^2 + z^2}{4\kappa(t-t')} \right\} \\
 &\dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

## § 3 瞬間温度上昇式

歯面、ローラなどが線接触し、表面上を摩擦により発生する熱源が移動する場合の表面及び内部の瞬間温度上昇について考える。ここで、初期条件及び境界条件について次のような仮定を行った。

- (1) 歯車、ローラなどの大きさはその接触面積に比べてかなり大きいので、物体を半無限体とする。
- (2) 物体の熱伝導率、熱拡散率及び比熱は温度に関して一定とする。
- (3) 物体表面からの熱の損失はないものとする。
- (4) 移動熱源は定常的であり、熱源の運動は十分に長く続いているものとする。

半無限体の表面上で、熱源の移動方向に  $x$  軸、それに直角方向に  $y$  軸、深さ方向に  $z$  軸をとる。いま、時間  $t'$  に表面上の点  $(x', y', 0)$  に、単位時間当たりの発生熱量  $Q$  の瞬間点熱源が生じたとすると、この場合の熱伝導の基礎式は

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = \frac{1}{\kappa} \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で与えられる。条件 (1) ~ (4) を満たす式 (1) の解として、時間  $t$  における物体中の点  $(x, y, z)$  の温度上昇  $\theta$  は次式で与えられる。

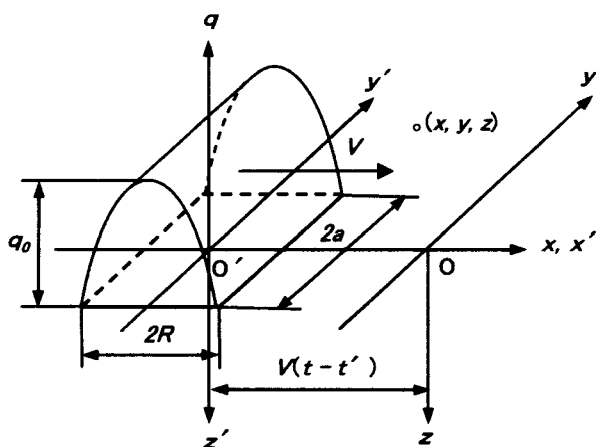


図1 移動熱源と座標

したがって、図1に示すように表面上を  $q(x', y')$  の分布を持つ面熱源が等速度  $V$  で移動する時、定常状態における任意の点  $(x, y, z)$  の温度上昇は

$$\begin{aligned}
 \theta &= \frac{1}{4(\pi\kappa)^{3/2} \rho c} \int_0^\infty \iint_D \frac{q(x', y')}{\tau^{3/2}} \\
 &\times \exp \left\{ -\frac{\{x-x'+V\tau\}^2 + (y-y')^2 + z^2}{4\kappa\tau} \right\} dx' dy' d\tau \\
 &\dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

となる。ただし、 $D$  は面熱源の領域を表し、 $\tau = t - t'$  とする。いま、面熱源の領域が熱源の移動方向に  $2R$ 、移動方向に対して直角方向に  $2a$  の長方形で、移動方向の熱量密度の分布が楕円状の場合には、熱量密度の分布形状は

$$\begin{aligned}
 q(x', y') &= q_0 \left( 1 - \frac{x'^2}{R^2} \right)^{1/2} \\
 &(-R \leq x' \leq R, -a \leq y' \leq a) \\
 &\dots\dots\dots (4)
 \end{aligned}$$

で与えられる。式 (4) を式 (3) に代入し、無次元量を使って表すと、楕円状分布移動熱源による温度上昇式は

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{2L} \int_0^\infty \int_{-1}^1 \frac{(1-u^2)^{1/2}}{s} \\
 &\times \exp \left\{ -\frac{(X-Lu+s)^2 + Z^2}{2s} \right\} \\
 &\times \left\{ \operatorname{erf} \left( \frac{Y+A}{\sqrt{2s}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{Y-A}{\sqrt{2s}} \right) \right\} du ds \\
 &\dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

となる。ここで、誤差関数  $\operatorname{erf}(\lambda)$  は次式で与えられる。

$$\begin{aligned}
 \operatorname{erf}(\lambda) &= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\lambda \exp(-\gamma^2) d\gamma \\
 &\dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

つぎに、面熱源の移動方向の熱量密度の分布が放物線状の場合には、熱量密度の分布形状は

$$q(x', y') = q_0 \left( 1 - \frac{x'^2}{R^2} \right) \quad (-R \leq x' \leq R, -a \leq y' \leq a) \quad \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる。式(7)を式(3)に代入し、無次元量を使って表すと、放物線状分布移動熱源による表面温度上昇式は次式で与えられる<sup>3)</sup>。

$$T = \frac{\sqrt{\pi}}{2L^2} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2s}} \left[ (L^2 - X^2 - 2Xs - s - s^2) \times \left\{ \operatorname{erf} \left( \frac{X+L+s}{\sqrt{2s}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{X-L+s}{\sqrt{2s}} \right) \right\} + \frac{\sqrt{2s}}{\sqrt{\pi}} \left[ (X+L+s) \exp \left\{ -\frac{(X-L+s)^2}{2s} \right\} - (X-L+s) \exp \left\{ -\frac{(X+L+s)^2}{2s} \right\} \right] \right] \times \left\{ \operatorname{erf} \left( \frac{Y+A}{\sqrt{2s}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{Y-A}{\sqrt{2s}} \right) \right\} ds \quad \dots\dots\dots (8)$$

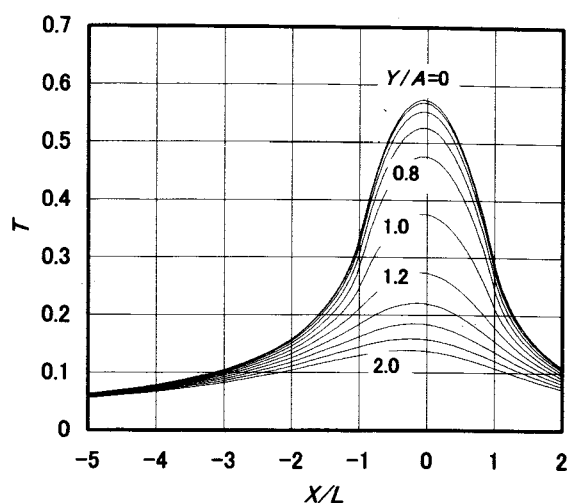
なお、温度上昇式(5)及び(8)の計算には、ガウスの積分公式を使用した。

## § 4 計算結果及び考察

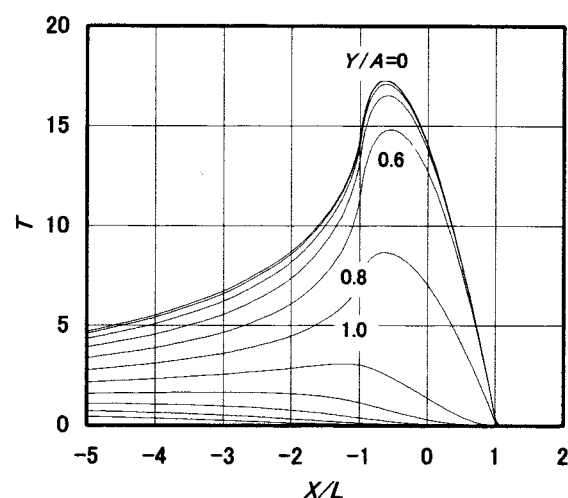
### 4.1 楕円状分布熱源の場合の瞬間温度上昇

熱源の移動速度の無次元量  $L = 0.1, 10$  及び  $1000$  の場合 ( $A=L$ ) について、表面 ( $Z/L=0$ ) における瞬間温度上昇の計算結果を図2に示す。図中、縦軸は瞬間温度上昇を無次元量  $T$  で示し、横軸は熱源の移動方向の位置を無次元量  $X/L (=x/R)$  で示す。また、無次元量  $Y/A (=y/a)$  は熱源の移動方向に対して直角方向の位置を示し、図中には  $Y/A=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0$  の値をプロットしてある。熱源は、その中心が  $x$  の負の位置から原点  $0$  まで進んだ状態を表し、熱源は  $-1 \leq X/L \leq 1, -1 \leq Y/A \leq 1$  に存在する。

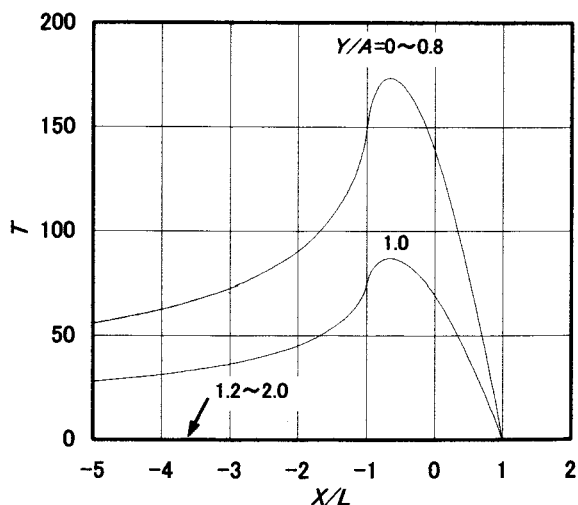
図2において、 $L$  の値により無次元温度上昇  $T$  の分布はかなり異なる。熱源の移動速度が低速の  $L=0.1$  の場合には、熱源の前方 ( $X/L > 1$ ) 及び熱源の移動方向に対して直角方向 ( $Y/A > 1$ ) においてもかなりの温度上昇が認められる。また、熱源の移動速度が中速程度の  $L=10$



(a)  $L=0.1$

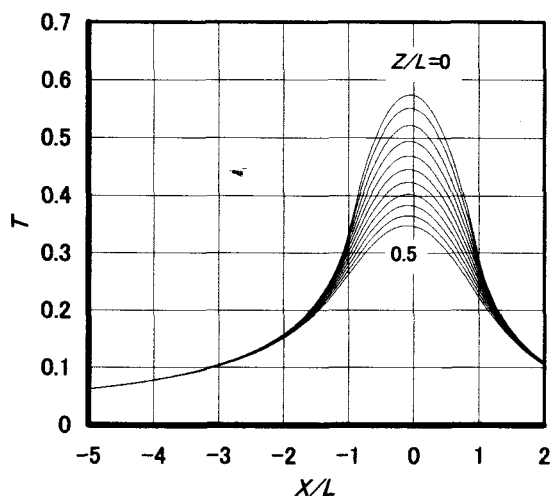
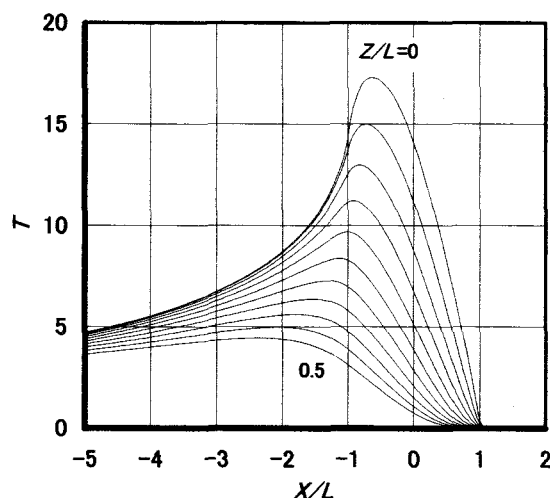
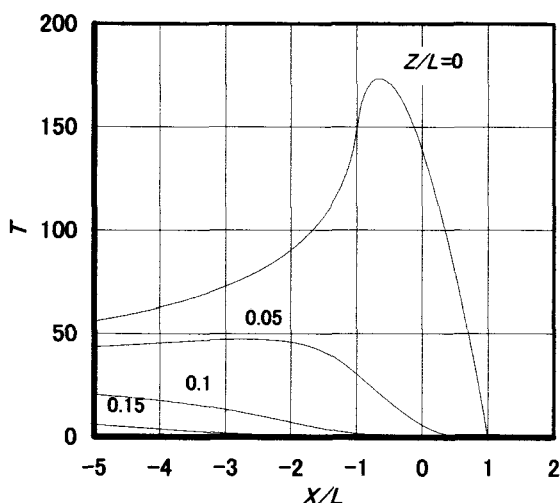


(b)  $L=10$



(c)  $L=1000$

図2 表面における  $T$  と  $X/L$  の関係

(a)  $L=0.1$ (b)  $L=10$ (c)  $L=1000$ 図3 内部における  $T$  と  $X/L$  の関係 ( $Y/A=0$ )表1 表面と内部  $Z/L=0.5$  における無次元温度上昇の最高値及びそれらの比率

$L$	$T_{max}$ ( $Z/L=0$ )	$T_{max2}$ ( $Z/L=0.5$ )	$T_{max2} / T_{max}$
0.1	0.5783	0.3485	0.603
1	4.290	2.164	0.504
10	17.30	4.441	0.257
100	54.85	1.447	0.026
1000	173.5	0	0

の場合には、熱源の前方においては温度上昇はほとんど認められない。熱源の移動速度が高速の  $L=1000$  の場合には、熱源の前方及び熱源の移動方向に対して直角方向においては、温度上昇はほとんど認められない。この場合、 $Y/A=0 \sim 0.8$  における温度上昇はほぼ等しい。

また、 $L$  が大きくなるほど、無次元温度上昇  $T$  の最高値を示す位置は、熱源内の後側に発生する。

図3に、 $L = 0.1, 10$  及び  $1000$  の場合 ( $A=L, Y/A=0$ ) について、物体内部 ( $Z/L = 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5$ ) における無次元温度上昇  $T$  の分布を示す。物体内部においては、熱源範囲外に比べて熱源範囲内直下における温度低下が顕著である。

また、無次元速度  $L$  が大きくなるにつれて、物体の内部と表面の温度差が顕著になる。特に、 $L=1000$  の場合には、 $Z/L=0.05$  においても、熱源範囲内直下ではほとんど温度上昇が認められない。また、同一深さにおける  $T$  の最高値は、表面からの深さが深くなるほど熱源の後方に生じる。

表1に表面  $Z/L=0$  と内部の  $Z/L=0.5$  における無次元温度上昇の最高値  $T_{max}$ ,  $T_{max2}$  及びそれらの比率を示す ( $Y/A=0$ )。  $Z/L=0.5$  における  $T_{max2}$  の値は、 $L$  の増加につれて急激に減少する。

#### 4.2 楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の場合の比較

熱源の移動速度が比較的低速の  $L=1$  及び比較的高速の  $L=100$  ( $A=L$ ) について、楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の熱量密度の最高値  $q_0$  を等しくした場合の楕円状分布熱源による無次元温度上昇  $T_E$  と放物線状分布熱源による無次元温度上昇  $T_P$  の分布 ( $Z/L=0, Y/A=0$ ) を図4に示す。また、楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の場合の無次元温度上昇の最高値  $T_{Emax}$ ,  $T_{Pmax}$  及びそれらの比率を表2に示す。

放物線状分布熱源の場合の無次元温度上昇  $T_{Pmax}$  が楕円状分布熱源の場合の無次元温度上昇  $T_{Emax}$  と比べて、やや小さく現れ、 $T_{Pmax}/T_{Emax}$  の値は  $L$  にはほとんど関係せず約  $0.91 \sim 0.89$  となる。また、放物線状分布熱源の場合の温度上昇の最高値を示す位置  $X/L$  は、楕円状分布熱源の場合のそれに比べて、熱源の中心寄りに生じる。

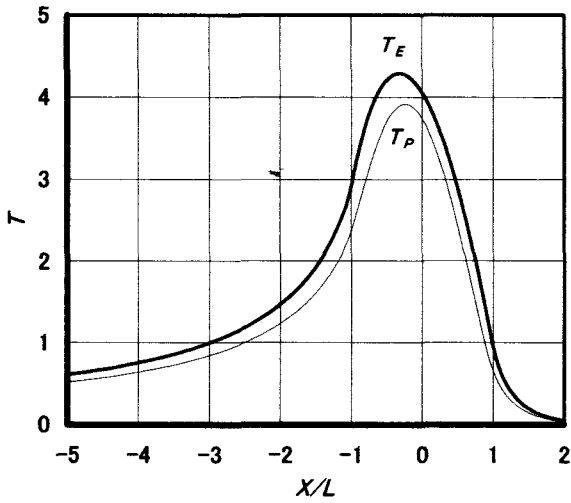
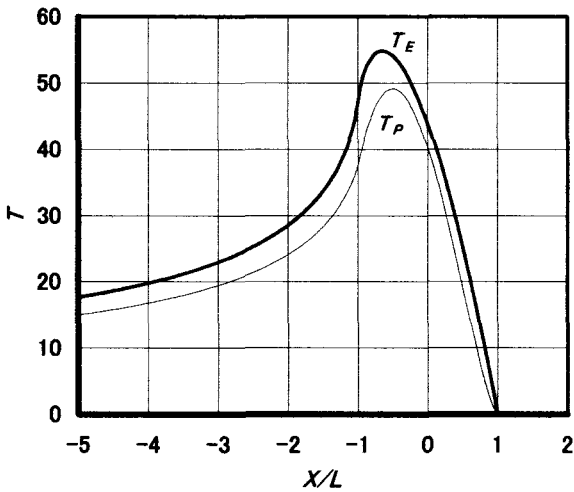
(a)  $L=1$ (b)  $L=100$ 図4 熱源の熱量密度の最高値  $q_0$  を等しくした場合の  $T$  と  $X/L$  の関係 ( $Z/L=0, Y/A=0$ )

表2 楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の場合の無次元温度上昇の最高値及びそれらの比率

$L$	Elliptically distributed heat source		Parabolically distributed heat source		$T_{Pmax} / T_{Emax}$
	$T_{Emax}$	$X/L$	$T_{Pmax}$	$X/L$	
0.1	0.5783	-0.06	0.5271	-0.04	0.912
1	4.290	-0.33	3.912	-0.24	0.912
10	17.30	-0.62	15.50	-0.47	0.896
100	54.85	-0.65	49.12	-0.50	0.896
1000	173.5	-0.69	155.3	-0.50	0.895

つぎに、楕円状分布熱源と放物線状分布熱源における単位時間当たりの発生熱量  $Q$  を等しくした場合について、実際の瞬間温度上昇  $\theta (= \kappa q_0 T / (\pi K V))$  について比較を行った。単位時間当たりの発生熱量  $Q$  については、楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の単位時間当たりの熱量密度の最高値を、それぞれ  $q_{0E}, q_{0P}$  とすると、楕円状分布熱源では  $Q = \pi q_{0E} R a$ 、放物線状分布熱源では  $Q = 8 q_{0P} R a / 3$  で与えられる。ここでは、物体の熱的特性  $K, \kappa$ 、熱源の大きさ  $R, a$ 、摩擦力  $F$  を以下のように設定し、 $Q = FV$  とした。

$$\begin{aligned} K &= 24 \text{ W/(m K)} & \kappa &= 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \\ R &= 0.2 \text{ mm} & a &= 0.2 \text{ mm} \\ F &= 10 \text{ N} \end{aligned}$$

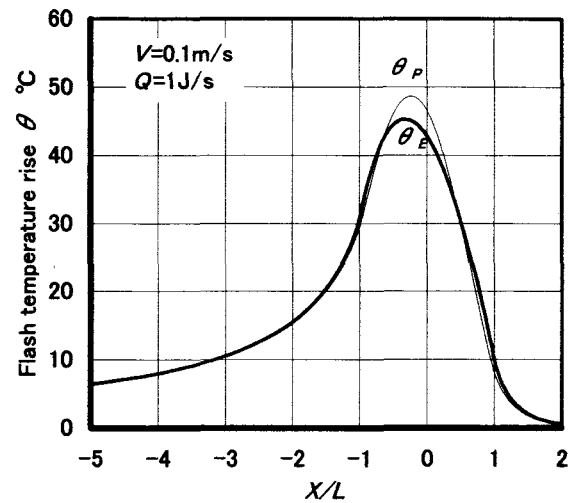
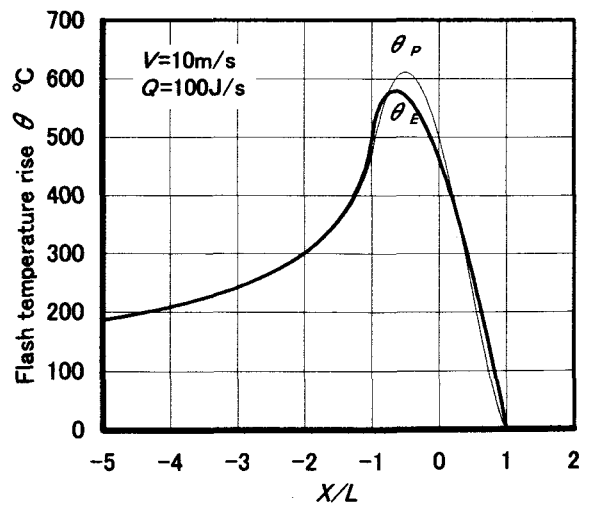
(a)  $L=1$ (b)  $L=100$ 図5 熱源の単位時間あたりの発生熱量  $Q$  を等しくした場合の  $\theta$  と  $X/L$  の関係 ( $Z/L=0, Y/A=0$ )

表3 楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の場合の  
温度上昇の最高値及びそれらの比率

$L$	$\theta_{Emax} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\theta_{Pmax} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\theta_{Pmax} / \theta_{Emax}$
0.1	6.060	6.554	1.082
1	45.25	48.64	1.075
10	182.5	192.7	1.056
100	579.1	610.7	1.055
1000	1831	1931	1.055

なお、実際の摩擦面では接触している2つの物体にそれぞれ流入する熱の流入割合を考慮する必要があるが、ここでは発生したすべての熱が1つの物体に流入するものとして計算を行った。

$L=1$  ( $V=0.1$  m/s) 及び  $L=100$  ( $V=10$  m/s) の場合について、瞬間温度上昇  $\theta$  の計算例を図5に示す。ここで、 $\theta_E$  は楕円状分布熱源の場合を、 $\theta_P$  は放物線状分布熱源の場合を表す。また、楕円状分布熱源と放物線状分布熱源の場合の瞬間温度上昇の最高値  $\theta_{Emax}$ 、 $\theta_{Pmax}$  及びそれらの比率  $\theta_{Pmax} / \theta_{Emax}$  を表3に示す。

瞬間温度上昇の最高値は、放物線状分布熱源の場合が楕円状分布熱源の場合に比べてやや大きく現れ、放物線状分布移動熱源と楕円状分布移動熱源の瞬間温度上昇の最高値の比  $\theta_{Pmax} / \theta_{Emax}$  は、 $L=0.1 \sim 1000$  の範囲では約  $1.08 \sim 1.06$  となる。

また、熱源内の前側部分と後側部分では、楕円状分布熱源の瞬間温度上昇が放物線状分布熱源のそれと比べてわずかに高く現れる。一方、熱源外においては、両熱源による瞬間温度上昇の差は、ほとんど認められない。

## §5 結 言

三次元熱流と考えた場合の楕円状分布移動熱源によ

る瞬間温度上昇について、温度上昇式を誘導し、種々の条件について計算を行った。また、放物線状分布移動熱源の場合との比較、検討を行った。主な結果を要約すると、以下の通りである。

(1) 瞬間温度上昇の最高値を示す位置は、放物線状分布熱源の場合が楕円状分布熱源の場合に比べて、やや熱源の中心寄りに生じる。

(2) 単位時間当りの熱量密度の最高値  $q_0$  を等しくした場合、放物線状分布移動熱源と楕円状分布移動熱源の無次元瞬間温度上昇の最高値の比  $T_{Pmax} / T_{Emax}$  は、無次元速度  $L=0.1 \sim 1000$  の範囲では約  $0.91 \sim 0.89$  となる。

(3) 単位時間当りの発生熱量  $Q$  を等しくした場合、放物線状分布移動熱源と楕円状分布移動熱源の瞬間温度上昇の最高値の比  $\theta_{Pmax} / \theta_{Emax}$  は、 $L=0.1 \sim 1000$  の範囲では約  $1.08 \sim 1.06$  となる。この場合、熱源内の前側部分と後側部分では、楕円状分布熱源の温度上昇が放物線状分布熱源のそれに比べてわずかに高く現れる。

なお、本研究の一部は、日本学術振興会平成14年度科学研究費補助金（基盤研究（C））により行われた。

## 参考文献

- 1) 寺内喜男・灘野宏正・河野正来, 移動熱源による温度上昇について(第1報)日本機械学会論文集(C編), 49-444(1983), p. 1434-1440.
- 2) H. A. Francis, Interfacial Temperature Distribution Within a Sliding Hertzian Contact, *ASLE Transactions*, 14(1971), p. 41-54.
- 3) 河野正来・灘野宏正・寺内喜男, 移動熱源による表面温度上昇の干渉について, 設計製図, 22-12(1987), p. 427-433.

# マイクロコンピュータとコントローラによる 専用機械間の同期制御

機械工学科 野原 稔

## Synchronous Control between Exclusive Machines with Microcomputer and PC Controller

( Department of Mechanical Engineering ) Minoru NOHARA

### Abstract

For manufacture of the machine portion to mass-produce, we convert a general purpose machine and make an exclusive machine. We are using it combining the automatic machine of varieties, in order to manufacture a machine part efficiently. In order to build these machining things with sufficient accuracy, it becomes important to take the synchronization between automatic machines.

In the present paper, one set of an exclusive machine operates with a programmable controller, and one more set of an exclusive machine operates with a microcomputer. Two sets of these exclusive machines exchange signals mutually, and the system by which they can exchange signals mutually and can operate was built. Author report the result.

Key Words: Micro Computer, Operation Control, Simulation, Automatic Machine

マイクロコンピュータ, 制御, シミュレーション, 自動機械

## § 1 緒言

大量生産される機械部品の製造には、専用機械や汎用機械が改造されて使用されている。また、機械部品の効率よく製造するため、多種類の自動機械を組み合わせ利用している。これらの自動機械を運転するには、自動機械相互の同期をとり、加工物を精度よくつくることが重要となる。

本研究においては、1台はプログラマブルコントローラによって動作する専用機械を、もう1台はマイクロコンピュータによって動作する専用機械を想定し、これら2台の専用機械が相互に信号を交換して同期をとりながら、加工物を所定の距離まで移動、その繰り返しおよびモータの回転制御を行うことのできるシステムを構築した<sup>1), 2)</sup>。その動作状況について報告する。

## § 2 ハードウェア

本システムにおいて、マイクロコンピュータ（以降、マイコンと呼ぶ）による制御は、SUPER AKI-80（以降、AKIと呼ぶ）を、プログラマブルコントローラによる制御は、LUNA製のPROGRAMABLE PULSE CONTROLLER（以

降、PCと呼ぶ）を使用した。2台の専用機械の同期は、それぞれに付属する入出力ポートを使用した。

設計したシステムの全体写真を図1に示す。以降、この装置に使用した主要部品の概要について述べる。

### 2.1 マイコン

専用機械の一方は、AKIを使用して制御した。AKIは動作クロック10MHz、直列インターフェース用IC82C55を2個備えたボードで、入出力ポート数は48である<sup>3), 4), 5)</sup>。

### 2.2 PC

専用機械のもう一方は、PCを使用して制御した。これはリレー、カウンタ、タイマーによる信号処理を、マイコンに行わせるもので、入出力ポートを通じて各種装置を制御して、実行するための命令を内部記憶するプログラマブルなメモリを使用した装置である<sup>6), 7)</sup>。

### 2.3 DCモータとドライバー

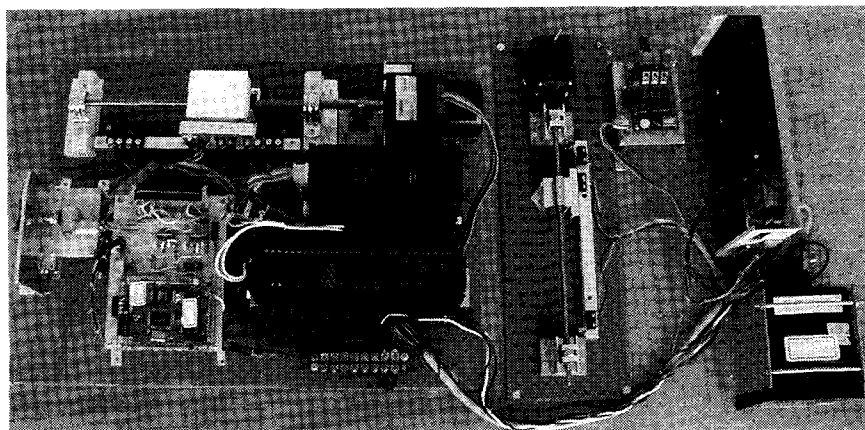


図1 システムの全体写真

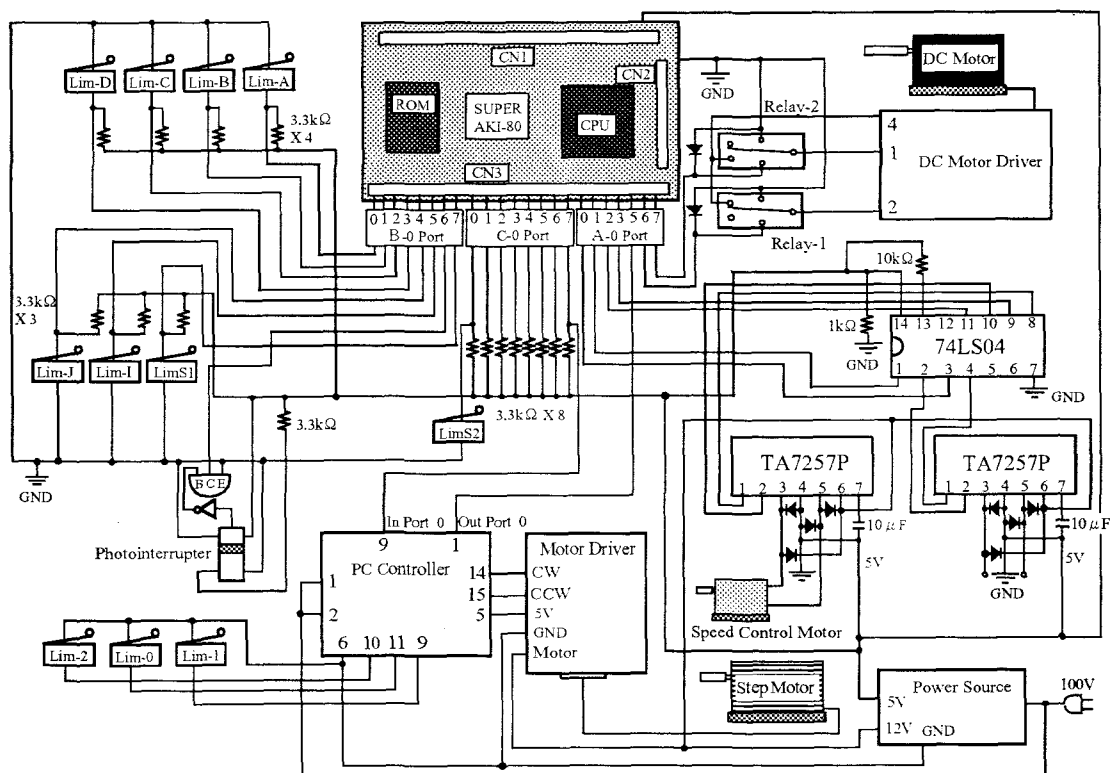


図2 システムの配線図

DCモーターは、オリエンタルモータ社のFBL215GD-24 (以降、DCモータと呼ぶ) を使用した。これは、DCモータとそのドライバーBLD1524-Fで構成されている。また、DCモータの正転および逆転の制御を行うため、ドライバーから出ているDCモータの正転および逆転端子にリレーを接続し、AKIの出力信号によりリレーを切替えてDCモータの正転および逆転を行った。また、ドライバーにおけるDCモータの回転速度の調整は、手動により抵抗値を変化させて行う方式である。このため、AKIの出力信号によりDCモータの回転速度を調整するため、可変抵抗器付きのモータを使用してモータの回転を制御し、抵抗値を変

化させた。回転速度は高速度と低速度の2つの速度とした。

## 2.4 配線

図2はAKI, PC, モータおよびリミットスイッチ等の配線図を示す。AKIの入出力ポートは、8つのポートを持つA-0, A-1, B-0, B-1, C-0およびC-1の6つから構成されている。本システムでは、A-0を出力ポートとして使用し、モータドライバやそれを動作させるためのリレーおよび信号出力線を、B-0およびC-0は、入力ポートとして使用し、フォトインタラプタ、リミットスイッチおよび信号入力線を接続した。一方、PCにおいては、リミットスイッチ

を9, 10, 11番の入力端子に、ステップモータ用のドライバーを5, 14, 15番の出力端子にそれぞれ接続した。なお、PCには入出力用のコネクタがあり、AKIとの通信はこのコネクタの入力ポート0（1番ピン）と出力ポート0（9番ピン）を使用した。

§ 3 ソフトウェア

3.1 プログラムの動作

図3は、システムの外観図を示している。プログラムが開始すると、AKIは、フォトインタラプタ⑧を使用してDC

モータ⑨の回転の確認を行う。回転の確認は、⑨の回転軸に仕切板を取り付け、⑨の回転により仕切板がフォトインタラプタ⑧の間を通る光を遮断することにより、ポートに信号を送信する。そして、一定時間を経過してもポートに入力信号がなければ、DCモータが回転していないと判断しプログラムを終了する。次に、PCとAKIは、それぞれが管理する工作台③と②①が原点⑤と①⑧にあるかどうかの確認を行い、それらが原点にない場合、工作台を原点に復帰させる動作を行う。さらに、AKIは、工作台③上に工作物があるかどうかの確認をリミットスイッチ④を使用して行い、工作物があると確認できれば、DCモータ⑨の回転速度を高速度

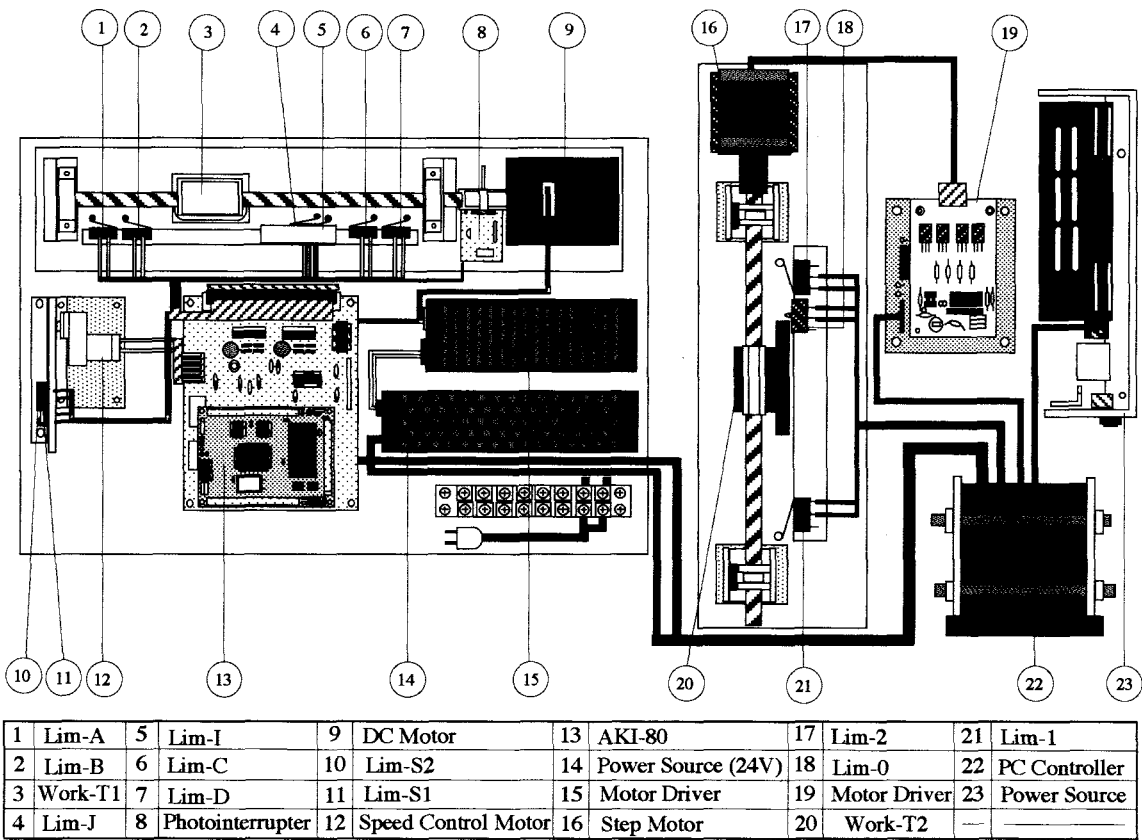


図3 システムの外観図

表1 サブルーチン名と動作状況

機種	サブルーチン名	動作状況
AKI	Go to Original Point	工作台③の原点⑤への復帰
	Motor Speed High	DC モータ⑨の回転速度を高速度へ変更
	Motor Speed Low	DC モータ⑨の回転速度を低速度へ変更
	Confirmation turn A	高速度での DC モータ⑨の回転速度の確認
	Confirmation turn B	低速度での DC モータ⑨の回転速度の確認
	Return to original point	工作台③の原点⑤への復帰
	Lim-I Error Check	原点用リミットスイッチ⑤の正常動作の確認
	Wait a Time	待機時間
PC	Go to ORG	工作台②①の原点①⑧への移動

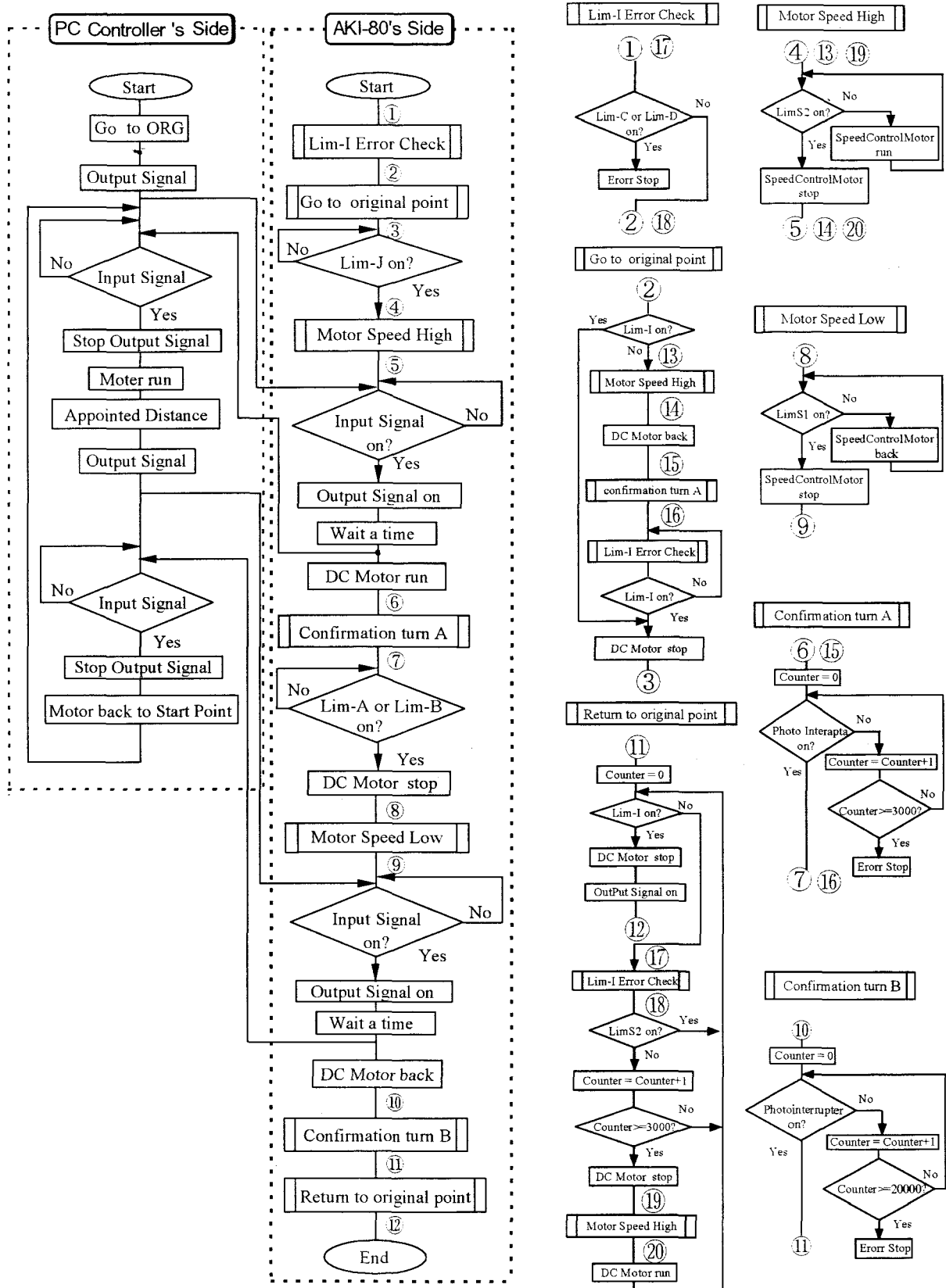


図4 システム動作のフローチャート

表2 システムの制御プログラム

AKI-80 Side's program TTEM4.BAS

行番号	コマンド	注釈
1010	DEFINT A-Z	
1020	OUT &H33,&H8B	
1030	OUT &H37,&H80	
1060	C=INP(&H31) AND &H4	*Lim-C & Lim-D の情報 *
1070	D=INP(&H31) AND &H8	
1080	IF C=&H4 THEN IF D=&H8 THEN GOTO 1240	
1200	GOTO 1945	
1240	I=INP(&H31) AND &H10	
1250	IF I=&H0 THEN GOTO 1400	* 原点に着けば跳ぶ *
1260	H=INP(&H32) AND &H1	
1270	IF H=&H0 THEN GOTO 1300	*S2=on なら跳ぶ *
1280	OUT &H30,&H2	*ステータスの正転 *
1290	GOTO 1260	
1300	OUT &H30,&H0	*ステータス停止 *
1310	FOR X=0 TO 3000	
1320	OUT &H30,&H40	*モータ逆転 *
1330	K=INP(&H31) AND &H40	
1340	IF K=&H0 THEN GOTO 1390	
1360	NEXT X	
1370	GOTO 1945	
1390	C=INP(&H31) AND &H4	
1391	D=INP(&H31) AND &H8	
1392	IF C=&H4 THEN IF D=&H8 THEN GOTO 1394	
1393	GOTO 1945	
1394	I=INP(&H31) AND &H10	
1395	IF I=&H10 THEN GOTO 1390	
1400	OUT &H30,&H0	*モータ停止 *
		* 対象の前進 (行き) *
1420	J=INP(&H31) AND &H20	
1430	IF J=&H20 THEN GOTO 1420	* 品物確認センサ確認 *
1440	H=INP(&H32) AND &H1	
1450	IF H=&H0 THEN GOTO 1480	*ステータスが MAX なら跳ぶ *
1460	OUT &H30,&H2	*ステータス正転 *
1470	GOTO 1440	
1480	OUT &H30,&H0	
1500	YY=INP(&H32) AND &H80	* 入力を待つ *
1510	IF YY=&H80 THEN GOTO 1500	
1515	FOR TT=0 TO 2000	
1516	OUT &H30,&H20	
1517	NEXT TT	
1520	FOR W=0 TO 3000	
1530	OUT &H30,&HC0	*モータ正転 *
1540	K=INP(&H31) AND &H40	
1550	IF K=&H0 THEN GOTO 1580	
1560	NEXT W	
1570	GOTO 1945	
1580	A=INP(&H31) AND &H1	* 限界側リミットスイッチの情報 *
1590	B=INP(&H31) AND &H2	
1600	IF A=&H1 THEN IF B=&H2 THEN GOTO 1580	
1610	OUT &H30,&H0	*モータ停止 *
		* 対象の後退 *
1620	E=INP(&H31) AND &H80	*ステータスのセンサ (MIN) *

行番号	コマンド	注釈
1630	IF E=&H0 THEN GOTO 1660	*MIN なら跳ぶ *
1640	OUT &H30,&H1	*ステータス逆転 *
1650	GOTO 1620	
1660	OUT &H30,&H0	*ステータス停止 *
1670	OUT &H30,&H20	* 信号出力 *
1680	YY=INP(&H30) AND &H80	* 信号入力待ち *
1690	IF YY=&H80 THEN 1680	
1695	FOR TE=0 TO 20000	
1696	OUT &H30,&H20	
1697	NEXT TE	
1700	FOR V=0 TO 20000	
1710	OUT &H30,&H40	
1720	K=INP(&H31) AND &H40	
1730	IF K=&H0 THEN GOTO 1760	
1740	NEXT V	
1750	GOTO 1945	
1755	FOR U=0 TO 3000	* タイマー用 FOR 文 *
1760	I=INP(&H31) AND &H10	
1770	IF I=&H10 THEN GOTO 1810	
1780	OUT &H30,&H0	* モータ停止 *
1790	OUT &H30,&H20	* 正常終了信号出力 *
1800	GOTO 1950	* 最後へ跳ぶ *
1810	C=INP(&H31) AND &H4	*Lim-C&Lim-D の情報 *
1820	D=INP(&H31) AND &H8	
1830	IF C=&H4 THEN IF D=&H8 THEN GOTO 1860	
1840	OUT &H30,&H0	
1850	GOTO 1950	
1860	H=INP(&H32) AND &H1	*ステータスの MAXセンサの情報 *
1870	IF H=&H0 THEN GOTO 1760	*MAX なら戻る *
1880	NEXT U	
1890	OUT &H30,&H0	
1900	OUT &H30,&H2	*ステータス正転 *
1910	H=INP(&H32) AND &H1	
1920	IF H=&H1 THEN GOTO 1910	
1930	OUT &H30,&H0	*ステータス停止 *
1940	GOTO 1710	
1945	OUT &H30,&H0	* 異常終了 *
1950	END	

## Programable Controller's Side Program

行	コマンド	注釈
1-00	ORG 0	仮想原点に行く
1-01	FUN 200	出力ポート 0 を ON にする
1-02	FUN 000	入力ポート 0 が ON になるまで動作をポーズする
1-03	FUN 300	出力ポート 0 を OFF にする
1-04	-50.00	-50.0 までパルスを出す
1-05	FUN 200	出力ポート 0 を ON にする
1-06	FUN 000	入力ポート 0 が ON になるまで動作をポーズする
1-07	FUN 300	出力ポート 0 を OFF にする
1-08	0.00	0 までパルスを出す
1-09	FUN 200	出力ポート 0 を ON にする
1-10	FUN 000	入力ポート 0 が ON になるまで動作をポーズする
1-11	L1.01-01	1-01 から 1-10 までを 1 回ループする
1-12	END	終了

に設定した後、PCからの動作準備完了の信号を待つ。AKIはPCからの信号を受信すると、PCに信号を送信し、PCとAKIの工作台③と②⑩はお互いに前進を始める。PCが管理する工作台②⑩が所定の位置に到達すると、PCはすぐに信号の出力状態となる。また、AKIが管理する工作台③が所定の位置に到達すると、AKIはDCモータ⑨の回転速度を低速度に変更した後、PCからの信号の入力待ち状態となる。先に所定の位置に到着した工作台は、相手の工作台の到着を待つことになる。PCとAKIは相互に信号を交換し、工作台③と②⑩の到着を確認する。そして、PCとAKIは再び、工作台③と②⑩を原点に復帰させる。AKIの工作台③は低速度で進んでいるため、フォトインタラプタ⑧による回転確認の信号の待ち時間を多めに設定した。一定時間が経過した後、AKIの工作台③は、DCモータ⑨の回転速度を高速度に変更し原点に復帰する。工作台③と②⑩が原点に到着すると、AKIは信号出力状態になったままプログラムを、PCは、上述の動作をもう一度繰返した後、プログラムを終了する。

### 3.2 システムの動作言語

本システムを動作させる言語は、BASIC言語とPC付属の専用言語を使用した。AKIではパソコン上でBASIC言語を使用してプログラムを作成した後、プログラムをROMライターを使用してROMに書き込み、それをAKIのボードに搭載した。

### 3.3 フローチャートとシステムの動作プログラム

図4はプログラムの流れを示すフローチャートを、表1はフローチャート中のサブルーチン名とその動作状況を、表2はシステムの制御プログラムを示す。

工作物を加工する場合、まず最初に工作台の原点⑤と⑧を確認する必要がある。工作台が移動可能な範囲の任意の位置にある場合、モータ⑨と⑬が左回転をして工作台③と②⑩を原点⑤と⑧に復帰させた後、モータ⑨と⑬が右回転をして工作台③と②⑩を所定の位置に移動させる。これらの過程において、プログラムは工作台③と②⑩がリミットスイッチ⑥、⑦と接触し、⑥、⑦がONとなった場合に停止する。フローチャート中のLim-1 Error Checkは、工作物の原点⑤と⑧の所在が確認できなかった場合、プログラムを停止させるサブルーチン名を示している。

## § 4 工作台の移動精度

製作した工作台の移動精度を、ダイヤルゲージを使用し

て測定した。PCの表示値と移動量の関係は、PCのパラメータの設定により決まる。PCの表示値が30の時、工作台は37mm移動する。表3にパラメータの設定値を示す。いま、原点から所定の位置までの移動を3回繰り返した場合、最大で22 $\mu$ mの誤差が生じた。工作台の移動に三角ネジを使用したための誤差と考えられる。

表3 PCのパラメータ設定値

パラメータ	データ
小数点位置	2
リードピッチ	2.00
ステップ角	0.72
表示オフセット	0.00
出力選択方式	1
ソフトリミット1	-9999.99
ソフトリミット2	9999.99
起動時パルスレート (1)	1
高速時パルスレート (2)	8
Sloop (1)	2
出力形態	0
モードセレクト	0
原点だし方向	1

## § 5 結言

本研究において、2台の専用機械が相互の信号を交換して同期をとりながら、加工物の所定距離までの移動、その繰り返しおよびモータの回転制御ができるシステムを構築した結果を要約すると以下ようになる。

(1) プログラマブルコントローラによる専用言語とAKI-80によるBASIC言語を組合わせて動作するプログラムを作成できた。

(2) 想定した2台の専用機械を製作し、相互に同期をとりながら、動作するシステムを構築することができた。

## 参考文献

- 1) 野原,PCコントローラとマイクロコンピュータの組み合わせによる機器の制御,呉工業高等専門学校研究報告32巻1号,1996,P.49~60.
- 2) 野原, 階段を昇降するロボットの制御,呉高専35周年記念学術論文集,2000,P.55~60.
- 3) スーパーAKI-80マニュアル,秋月電子通商,1997.
- 4) 勝てる相撲ロボットの作り方,富士ソフト,1994.
- 5) 堀,菅谷,マイコンロボットの設計と製作,Ohmsha,1984.
- 6) 野原,モータコントローラによるフライス盤の制御,呉工業高等専門学校研究報告28巻1号,1992,P.105~115.
- 7) 野原,モータコントローラによる直交座標ロボットの制御,呉工業高等専門学校研究報告30巻1号,1994,P.41~53.

# 有限要素法による金型冷却設計

(機械工学科) 中迫 正一, 灘野 宏正, 河野 正来

## Die Cooling Design by Finite Element Method

(Department of Mechanical Engineering) Masakazu NAKASAKO, Hiromasa NADANO  
and Masaki KOHNO

### Abstract

To clarify the effect of the cooling using a fountain type cooling pipe on the die temperature, the die temperature was calculated with the three-dimensional finite element method. From the calculation, the following results were obtained. (1) The value of surface temperature of die for one casting cycle without the cooling was about 310 °C, and that increased about 10 °C from the value of initial temperature of die (300 °C). Further, the value of surface temperature of die for ten casting cycles without the cooling was about 343 °C. (2) The value of surface temperature of die at the center of a fountain type cooling pipe for one casting cycle with the cooling and that for ten casting cycles with the cooling were about 297 °C and 322 °C, respectively, and these were lower than those without the cooling. The effect of the cooling on the die temperature was recognized.

**Key Words :** Aluminium Die Casting, Die Temperature, Finite Element Method, Fountain Type Cooling Pipe

アルミニウムダイカスト, 金型温度, 有限要素法, 噴流式冷却管

## § 1 緒 言

ダイカスト casting は、一定形状の部品を精度良く、経済的かつ効率的に成型できることから、各種部品の成型に幅広く用いられている。ダイカスト casting は、高温の熔融金属を金型に注入し冷却・凝固させる行程で行われ、引け巣欠陥の発生を防止するには casting 凝固時の温度勾配や冷却速度を適切に制御することが必要である。しかしながら、金型の温度分布は冷却水、エアブロー強さ、casting 時間、鋳込み温度、取り出し温度など様々な casting 条件により影響を受けるため、経験や試行錯誤に頼った管理が行われており、定量的な評価・管理方法が必要とされている。また、金型の温度分布は casting を繰り返す毎に周期的に変化するため、実際の casting サイクルを考慮した非定常熱伝導解析により明らかにする必要がある。この分野に関する研究として安斎<sup>1)</sup>らの周期的定常熱収支法による金型冷却に関する報告が見受けられるが、金型の温度分布に対する冷却の影響を定量的に評定した研究は数少ない。

本研究では、上述のようなキャビティ面における加熱・冷却に伴う金型設計の指針を与えるため、三次元有

限要素法を用いて金型の温度分布を定量的に明らかにした。さらに、金型の裏面よりキャビティ面に垂直に挿入した噴流式冷却管による金型の温度分布についても数値計算を行い、金型温度に及ぼす冷却効果についても言及した。

なお、本報で検討した金型の冷却は、冷却水や空気の金型表面への直接噴射に伴う粉塵や泥水の発生など、劣悪な作業環境にあるダイカスト casting の冷却時の環境改善に有益な指針を与えるものと考えられる。

## § 2 計算方法

### 2.1 計算モデル

図1に計算を行った金型の形状を示す。金型形状は、幅 (x軸) 216mm, 奥行き (y軸) 175mm, 厚み (z軸) 30mm の平板とした。キャビティの大きさは、幅 120mm, 奥行き 70mm とし、金型中央にキャビティ面を配置した。

金型の冷却には、図2に示す二重管構造の噴流式冷却

管を使用した場合を想定し、金型中央部の裏面に直径  $d=24\text{mm}$ 、深さ  $L=25\text{mm}$ の穴をあけた。

2.2 計算条件

金型材料として使用されるSKD材の熱的特性を表1<sup>2)</sup>に示す。表2<sup>3)</sup>にダイカスト鑄造に使用される溶解状態におけるアルミニウムの諸特性を示す。また、金型の冷却に使用される水、空気の諸特性を表3<sup>4)</sup>および表4<sup>5)</sup>に示す。

表5<sup>6)</sup>にはダイカスト鑄造における作業状態を示す。溶融金属は740℃で流入し、凝固後600℃で取り出すものと仮定した。また、溶融金属のキャビティ内への射出から凝固完了までの時間を8sとし、鑄込みサイクルを

50sとした。

表6に二重管構造の噴流式冷却管を用いた冷却条件を示す。冷却管内を流れる冷却水の流量は  $Q=20\text{L/min}$ とし、冷却水の入口温度は20℃、出口温度は25℃と仮定した。

Table 1 Thermal properties of SKD (200 °C)

Thermal conductivity	$K$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	27.2
Specific heat	$c$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	0.435
Density	$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	8690
Thermal diffusivity	$\kappa$	$\text{m}^2/\text{s}$	$7.2\times10^{-6}$

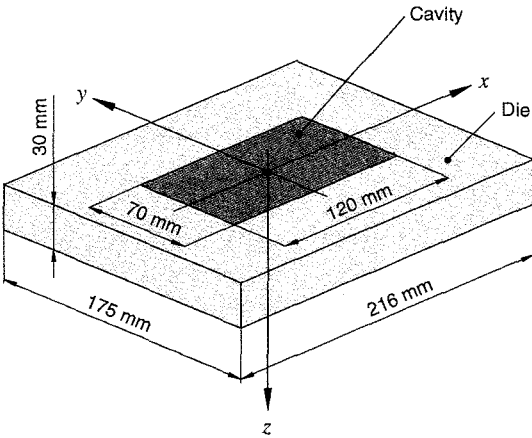


Fig. 1 Dimensions of die

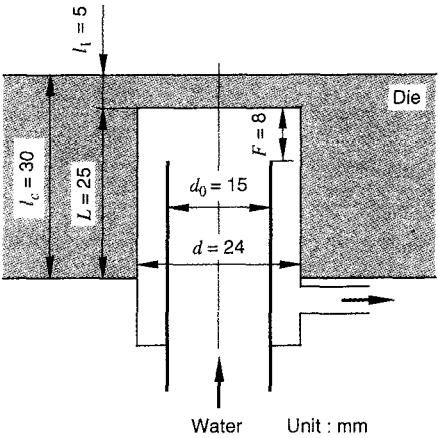


Fig. 2 Fountain type cooling pipe

Table 2 Thermal properties of Aluminum (740 °C)

Thermal conductivity	$K$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	103.39
Specific heat	$c$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	1.084
Density	$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	2369
Thermal diffusivity	$\kappa$	$\text{m}^2/\text{s}$	$4.028\times10^{-5}$
Kinematic viscosity	$\nu$	$\text{m}^2/\text{s}$	$1.23\times10^{-6}$
Viscosity	$\eta$	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	$2.903\times10^{-3}$
Prandtl number	$Pr$		0.03

Table 3 Thermal properties of water (20 °C)

Thermal conductivity	$K$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	0.6024
Specific heat	$c$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	4.1826
Thermal diffusivity	$\kappa$	$\text{m}^2/\text{s}$	$1.41\times10^{-7}$
Kinematic viscosity	$\nu$	$\text{m}^2/\text{s}$	$1.0\times10^{-6}$
Viscosity	$\eta$	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	$1.022\times10^{-3}$
Prandtl number	$Pr$		7.09

Table 4 Thermal properties of air (20 °C)

Thermal conductivity	$K$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$25.7\times10^{-3}$
Thermal diffusivity	$\kappa$	$\text{m}^2/\text{s}$	$21.2\times10^{-6}$
Kinematic viscosity	$\nu$	$\text{m}^2/\text{s}$	$15.0\times10^{-6}$
Viscosity	$\eta$	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	$18.0\times10^{-6}$
Grashof number	$Gr$		$3.8\times10^6$
Prandtl number	$Pr$		0.71

Table 5 Casting condition

Casting temperature	$\theta_{Al}$	°C	740
Chilling time	$t$	s	8
Cycle time	$t$	s	50
Thickness of die	$l_c$	mm	30
Size of cavity	$2R\times2a$	$\text{mm}^2$	$120\times70$

Table 6 Cooling condition

Flow rate of cooling water	$Q$	$\text{m}^3/\text{s}$	$3.34\times10^{-4}$
Flow velocity of cooling water	At nozzle	$U_j$	m/s 1.88
	Along pipe	$U_\infty$	m/s 1.532
Cooling pipe	Length	$L$	mm 25
	Diameter	$d$	mm 24
	Distance between nozzle and tip of pipe	$F$	mm 8
Temperature of cooling water	Inlet	$\Delta t_1$	°C 20
	Outlet	$\Delta t_2$	°C 25

なお、計算に用いる値は以下の式より算出した。

(1) 加熱熱源による熱量の分布密度 $q_1$

$$q_1 = \alpha (740 - 600) \quad (1)$$

(2) 冷却管内（上面）の冷却水の衝突によるレイノルズ数 $Re^{7)}$ 、ヌセルト数 $Nu^{8)}$ 、熱伝達率 $\alpha$ 、熱量の分布密度 $q_2$

$$\left. \begin{aligned} Re &= U_j d_0 / \nu \quad (F / d_0 \leq 4) \\ Nu &= 0.535 Re^{0.5} Pr^{0.4} \\ \alpha &= K_w Nu / d \\ q_2 &= \alpha (25 - 20) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(3) 冷却管内（側面）の冷却水の側面流れによるレイノルズ数 $Re$ 、ヌセルト数 $Nu^9)$ 、熱伝達率 $\alpha$ 、熱量の分布密度 $q_3$

$$\left. \begin{aligned} Re &= U_\infty L / \nu \\ Nu &= 3.66 + \frac{0.0668 (d/L) Re Pr}{1 + 0.04 \{(d/L) Re Pr\}^{2/3}} \\ \alpha &= K_w Nu / L \\ q_3 &= \alpha (25 - 20) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(4) 空気の放熱によるヌセルト数 $Nu^{10)}$ 、熱伝達率 $\alpha$

$$\left. \begin{aligned} Nu &= 0.6 (Gr Pr)^{0.2} \\ \alpha &= K_a Nu / (2R) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

## 2.3 計算手順

有限要素法による数値計算には、MSC. Marc 2001を使用して行った。また、プリポスト処理にはMSC. Marc Mentat 2001を使用した。計算に使用したコンピュータは、CPU：Intel Pentium IV（1.7GHz）、搭載メモリは768MBで、OSはWindows 2000である。

### 2.3.1 冷却がない場合の温度計算

図3に計算に使用したモデルのメッシュ分割を示す。本研究においては、金型形状の対称性を考慮し、4分の1のモデルにより数値計算を行った。要素タイプは8節点線形アイソパラメトリック立体要素を使用し、要素数は7200、節点数は8450である。

数値計算は、金型のキャビティ部に熱源が置かれて金型が加熱される状態（8s）と熱源が取り除かれた状態（42s）に分けて行った。金型が加熱される状態における境界条件としては、図1に示したキャビティ部分に熱量の分布密度を与えた。この場合、熔融金属と金型表面の熱伝達率 $\alpha^{11)}$ は約1200W/(m<sup>2</sup>・K)と仮定し、式（1）により計算した熱量の分布密度 $q_1$ は168000W/m<sup>2</sup>となる。なお、凝固完了（8s）まで鑄込み材は熔融状態にあるものと仮定しており、熔融金属の凝固に伴って発生する潜熱による金型温度の上昇は無視した。

次に、熱源が取り除かれた状態の境界条件としては、型開き後の金型表面（上面）からの空気による放熱のみを考慮した。この場合、外部の空気温度は20℃とし、式（4）により計算したヌセルト数 $Nu$ は11.6、熱伝達率 $\alpha$ は2.48W/(m<sup>2</sup>・K)となる。なお、金型の初期温度は300℃とした。

### 2.3.2 冷却がある場合の温度計算

図4に計算に使用したモデルのメッシュ分割を示す。要素タイプは冷却がない場合と同様であり、要素数は6920、節点数は8170である。

数値計算は、冷却がない場合の温度計算と同様に金型のキャビティ部に熱源が置かれて金型が加熱される状態（8s）と熱源が取り除かれた状態（42s）に分けて行った。なお、噴流式冷却管を用いた金型の冷却は、1サイクル中継続して冷却が行われるものと仮定した。金型が加熱される状態における境界条件としては、前述した加熱熱源による熱量の分布密度 $q_1$ に加えて、図2に示した冷却管上面および冷却管側面に対して負の熱量の分布密度 $q_2$ および $q_3$ を与えた。この場合、式（2）により計算

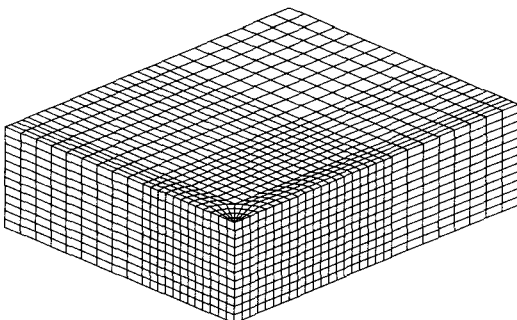


Fig. 3 FEM model without cooling

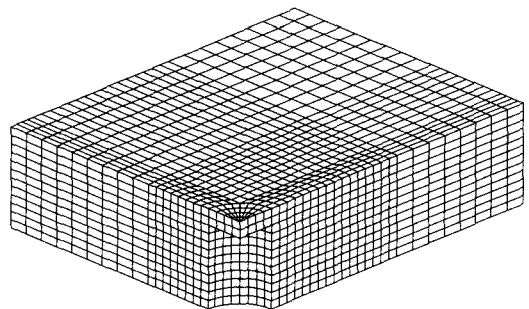


Fig. 4 FEM model with cooling

したレイノズル数 $Re$ は28200, ヌセルト数 $Nu$ は197, 熱伝達率 $\alpha$ は4936W/(m<sup>2</sup>·K), 熱量の分布密度 $q_2$ は24682W/m<sup>2</sup>となる。また, 式(3)により計算したレイノズル数 $Re$ は38300, ヌセルト数 $Nu$ は110, 熱伝達率 $\alpha$ は2643W/(m<sup>2</sup>·K), 熱量の分布密度 $q_3$ は13216W/m<sup>2</sup>となる。

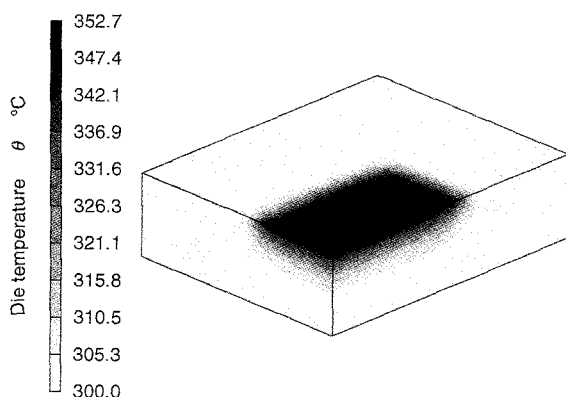
次に, 熱源が取り除かれた状態の境界条件としては, 前述した金型表面からの空気による放熱に加えて, 冷却管上面および冷却管側面に対して負の熱量の分布密度 $q_2$ および $q_3$ を与えた。

### § 3 計算結果および考察

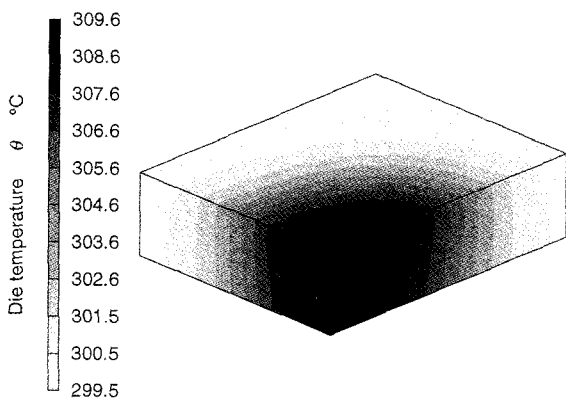
#### 3.1 冷却がない場合の計算結果

図5に金型の温度分布を示す。図5(a)は8s後, 図5(b)は50s後(1サイクル終了後)をそれぞれ示す。キャビティ面に熱源が置かれて金型が加熱される状態(8s)では, 金型の温度上昇は表面付近にとどまる。その後, 熱源が取り除かれた状態(50s)では熱伝導により金型内部の温度も上昇していることが見受けられる。

図6は1サイクル時のキャビティ中央における金型の表面および内部の温度変化を示す。溶融金属のキャビティ



(a) 8s



(b) 50s

Fig. 5 Distribution of die temperature without cooling

内への射出から凝固完了までの金型表面温度は時間の経過に伴って急激に上昇し, 凝固完了時には約353℃に達する。その後, 時間の経過に伴って表面温度は低下し, 1サイクル終了後には表面温度は約310℃となる。一方, 金型内部の温度は深さが増加するにつれて低下し,

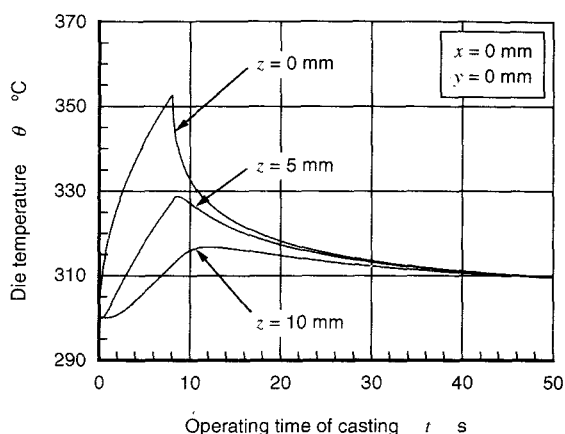


Fig. 6 Variation in die temperature for one casting cycle without cooling

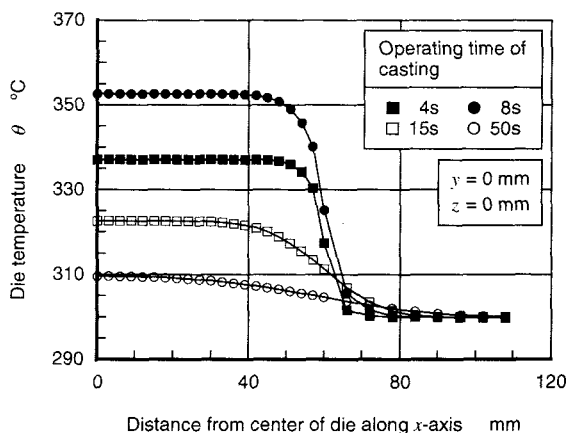


Fig. 7 Variation in die temperature along x-axis without cooling

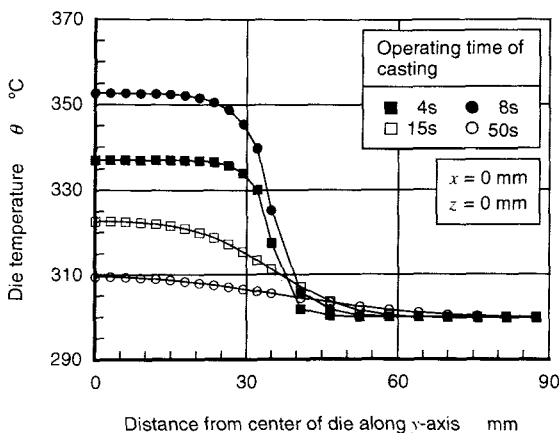


Fig. 8 Variation in die temperature along y-axis without cooling

しかもその最高値は溶融金属の凝固完了以降に現れる。しかしながら、1サイクル後の表面および内部の温度はほぼ同様となる。

図7, 図8, 図9は1サイクル時の金型中心より $x$ 軸,  $y$ 軸および $z$ 軸に沿った温度変化を示す。図7, 図8より $x$ ,  $y$ 軸方向ともにキャビティ面 ( $x \leq 60\text{mm}$ ,  $y \leq 35\text{mm}$ ) での温度変化が大きく、その他の部分では金型の初期温度  $300^\circ\text{C}$  からほとんど変化していない。図9より $z$ 軸方向では表面に近いほど温度変化が大きい。しかしながら、1サイクル後の温度は約  $310^\circ\text{C}$  でほぼ一定となる。

図10は10サイクル連続铸造の場合の金型温度の時間経過を示す。1サイクルごとに金型温度は上昇し、10サイクル後の金型表面温度は約  $343^\circ\text{C}$  に達する。

### 3.2 冷却がある場合の計算結果

図11に金型の温度分布を示す。図11 (a) は8s後, 図11 (b) は50秒後 (1サイクル終了後) をそれぞれ示す。キャビティ面に熱源が置かれて金型が加熱される状態 (8s) では、金型の温度上昇は表面付近にとどまる。

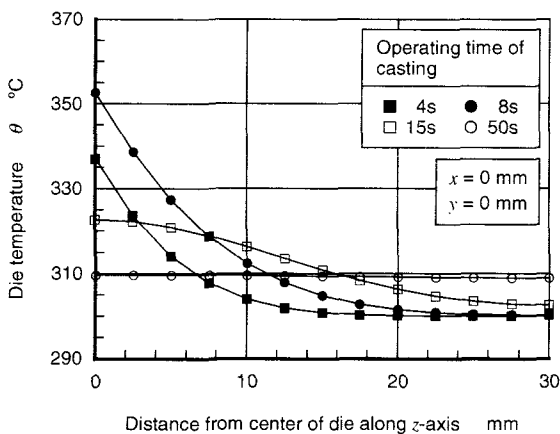


Fig. 9 Variation in die temperature along  $z$ -axis without cooling

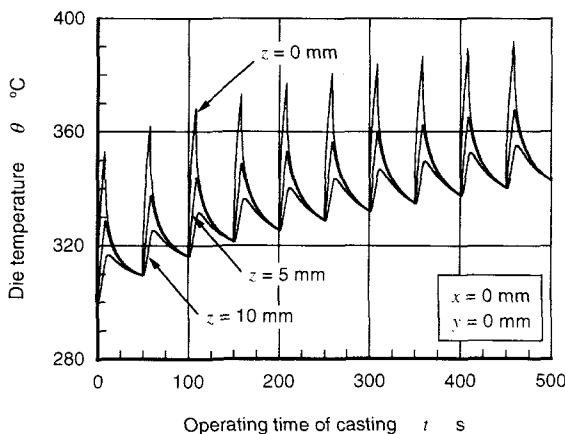
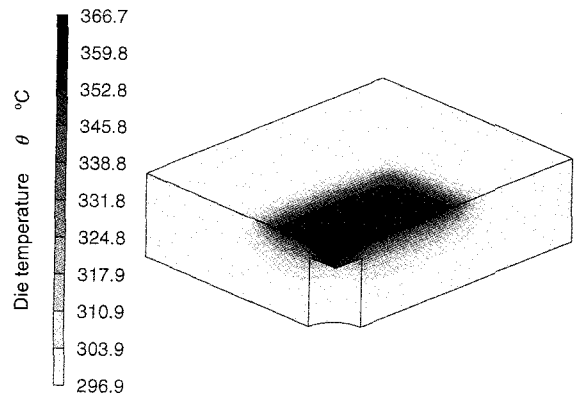


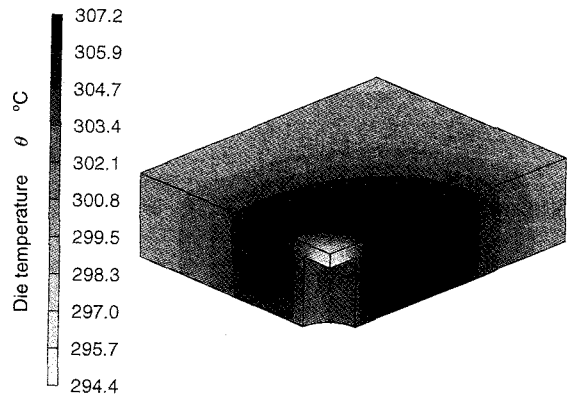
Fig. 10 Variation in die temperature against casting cycle without cooling

その後、熱源が取り除かれた状態 (50s) では熱伝導により金型内部の温度も上昇しているが、キャビティ中央部には冷却管による冷却効果が現れていることが見受けられる。

図12は1サイクル時のキャビティ中央における金型の表面および内部の温度変化を示す。金型表面温度は時間の経過に伴って急激に上昇し、凝固完了時には約  $367^\circ\text{C}$



(a) 8s



(b) 50s

Fig. 11 Distribution of die temperature with cooling

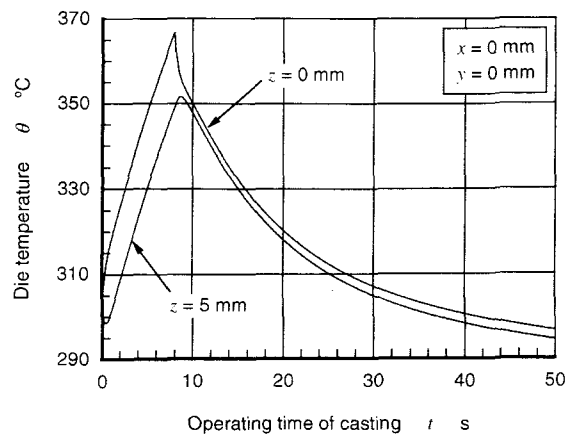


Fig. 12 Variation in die temperature for one casting cycle with cooling

に達しており、前述した冷却がない場合のそれと比して約14℃高い。これは、噴流式冷却管を設置するため金型裏面に穴をあけた結果、金型の $z$ 軸方向への熱伝導ができないためと考えられる。しかしながら、その後、時間の経過に伴って表面温度は急激に低下し、1サイクル終了後には表面温度は約297℃となる。これは、前述した冷却がない場合のそれと比して約13℃低下しており、噴流式冷却管による金型表面温度の冷却効果は大きい。

図13、図14、図15は1サイクル時の金型中心より $x$ 軸、 $y$ 軸および $z$ 軸に沿った温度変化を示す。図13、図14より $x$ 、 $y$ 軸方向ともにキャビティ面( $x \leq 60\text{mm}$ ,  $y \leq 35\text{mm}$ )での温度変化が大きく、その他の部分では金型の初期温度300℃からほとんど変化していない。特に金型裏面に穴をあけた部分( $x \leq 12\text{mm}$ ,  $y \leq 12\text{mm}$ )の温度変化は極めて大きい。なお、噴流式冷却管による冷却効果は、冷却管付近にとどまり、1サイクル終了後の金型表面温度の最高値は $x$ 軸方向は33mm、 $y$ 軸方向は26mm付近に現れていることが認められる。また、図15より $z$ 軸方向では冷却水の側面流れによる冷却効果に比

して、冷却管上面の衝突噴流による冷却効果が大きい。

図16は10サイクル連続铸造の場合の金型温度の時間経過を示す。図10の場合と同様、1サイクルごとに金型温度は上昇し、10サイクル後の金型表面温度は約322℃に達する。この値は、図10の場合に比べて約21℃低く、噴流式冷却管による金型表面温度の冷却効果が認められた。したがって、金型表面近くまで冷却管の先端面を埋め込むことにより金型の冷却効果は向上するものと推定されるが、多ショットを繰り返すダイカスト铸造では、金型表面の摩耗により冷却管近傍の金型表面が破損することが考えられるため、铸造作業における金型表面の摩耗限界を考慮した冷却管の先端の位置決めが要求される。

#### § 4 結 言

ダイカスト铸造において冷却がない場合と噴流式冷却

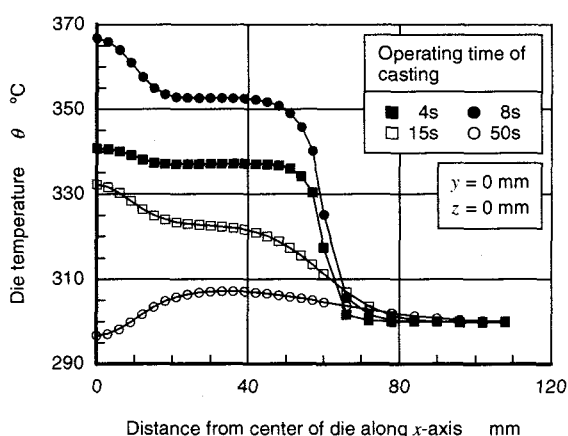


Fig. 13 Variation in die temperature along  $x$ -axis with cooling

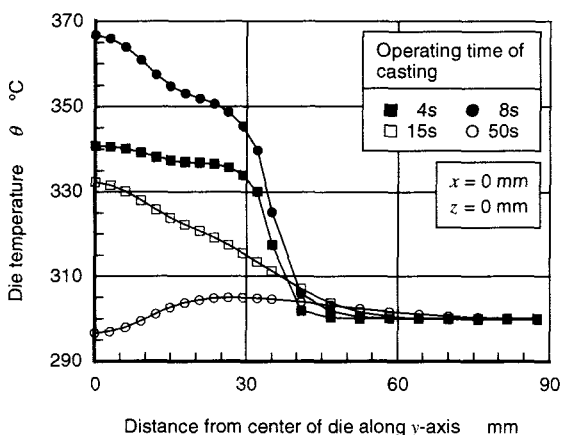


Fig. 14 Variation in die temperature along  $y$ -axis with cooling

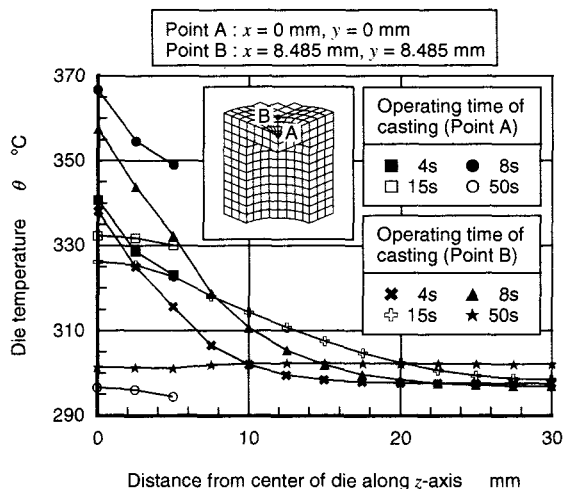


Fig. 15 Variation in die temperature along  $z$ -axis with cooling

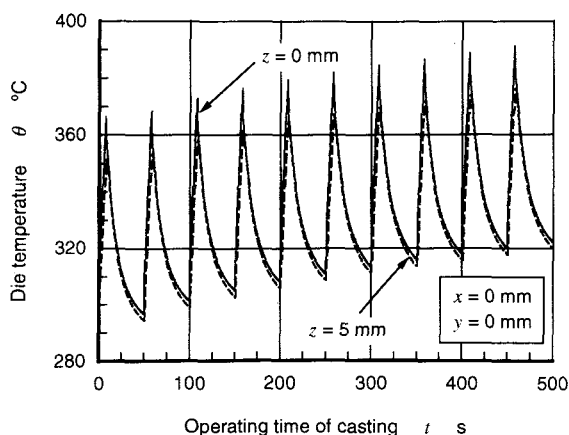


Fig. 16 Variation in die temperature against casting cycle with cooling

管により冷却をした場合の温度分布を三次元有限要素法により解析を行った結果、次のことが明らかになった。

(1) 冷却がない場合の金型表面温度は、1サイクル終了時には約310℃となり、金型初期温度(300℃)より約10℃上昇する。また、10サイクル終了時には、約343℃となる。

(2) 噴流式冷却管による冷却効果は顕著に認められ、冷却管中心部の金型表面温度は1サイクル終了時には約13℃、10サイクル終了時には約21℃低下する。

(3) 噴流式冷却管による冷却効果は、冷却管付近にとどまるため、冷却管の数量および設置位置が重要である。また、鋳造作業における金型表面の摩耗限界を考慮した冷却管の先端の位置決めが要求される。

## 参考文献

- 1) 安斎浩一・織田和宏・藤原明憲・久保 紘・新山英輔, 周期的定常熱収支法による金型冷却設計, 98日本ダイカスト会議論文集, JD98-30, 195-200.
- 2) 日本熱物性学会編, 熱物性ハンドブック, 養賢堂, (2000), 194.
- 3) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 322.
- 4) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 298.
- 5) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 300.
- 6) 平成11年度 地域コンソーシアム研究開発事業「粉体離型潤滑剤を用いた素形材加工エコシステムの研究開発」(第2年度)成果報告書, 平成12年3月, 136.
- 7) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 109.
- 8) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 111.
- 9) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 25.
- 10) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), 明善印刷, (1975), 22.
- 11) 平成11年度 地域コンソーシアム研究開発事業「粉体離型潤滑剤を用いた素形材加工エコシステムの研究開発」(第2年度)成果報告書, 平成12年3月, 131.

# 小型中空陰極を用いた空気グロー放電の放電開始電圧と放電維持電圧

(電気情報工学科) 山崎勉

## Breakdown Voltage and Sustaining Voltage of a Glow Discharge in Air with a Miniature Hollow Cathode

(Department of electrical engineering and information science) Tsutomu YAMAZAKI

### Abstract

In this report, experimental results on glow discharge in low pressure air are presented. Some basic properties are obtained at first, the relation between discharge starting voltage and gas pressure, the relation between sustaining voltage and discharge current, and optical radiation and discharge mode. Experiments are carried out with a miniature hollow cathode of 1.85mm and 0.8mm in diameter at the center of brass plate. Products of gas pressure and discharge path length having lowest starting voltage for these cathodes in air are 0.407cmTorr at 505V and 0.400cmTorr at 600V respectively. When strong optical emission is radiated from a hollow cathode, discharge current increase noticeably with small change in sustaining voltage, and cathode fall region is confined in a miniature hollow cathode. Then measured electron temperature of hollow cathode discharge is about 1eV, which decreases with increase of discharge current or that of gas pressure.

**Key Words:** glow discharge, breakdown voltage, hollow cathode, non-uniform electric field, similarity

:グロー放電、破壊電圧、中空陰極、非一様電界、相似

### §1. 前書き

近年、高気圧グロー放電の生成に興味が示され、平面型照明光源、プラズマディスプレイパネル<sup>(1)</sup>やエキシマランプのプラズマ源<sup>(2)</sup>や大気中の有害気体のプラズマ処理などの環境技術への応用が検討されている<sup>(3)</sup>。その実現には安定した高気圧グロー放電の生成が不可欠である。放電の相似則から高気圧放電の実現には放電路の小さいものが要求され、その一つとして 1mm 以下のマイクロホロー陰極放電が注目されている<sup>(4)</sup>。放電路すなわち放電空間が小さくそこにエネルギーが集中すると温度が上昇し安定なグロー放電の維持は難しくなる。気体温度の測定が直径数 100 $\mu$ m 程度のマイクロホロー陰極で行われ 1000K 以上になることが示された<sup>(5)</sup>。

前報<sup>(6)</sup>はアルゴン中で同じ外径 10mm と長さ 100mm を持つ黄銅管製中空陰極を、8,6,2mm と内径が異なる場合について実験し放電開始電圧の測定結果を示した。低気圧側では相似則に従い管径が小さいほど気圧が高いほうに推移していた。高気圧側は陰極径による差が現れなかった、その原因はプラズマが収縮し局所的放電になったためと考えられる。また、放電電流一定値での放電維持電圧とアルゴン気圧の関係を求め陰極材料・形状の影響を示した。高気圧の場合に放電路が収縮しないように電極は位置を工夫し、高気圧での相似則を確認する。さらに、もっと小さい径のホロー陰極を用いると放電開始電圧の最小値は高気圧領域に移動すると考えられる。そこで 1mm 程度のホロー陰極(中空陰極)の放電開始電圧と気圧の関係について動作気体に空気を使用

して、大気圧程度の高気圧グロー放電生成の可能性について検討する。そのため内直径 1.85mm×長さ 26mm と内直径 0.8mm×長さ 4mm の黄銅製中空陰極を用い、空気中で中空陰極直流グロー放電を行いその放電条件について検討した。

## § 2. 実験装置と方法

放電特性の測定項目は、放電開始電圧と気圧の関係、放電維持電圧と放電電流の関係、放電電流と放電発光の様相とし、測定観測結果から陰極径の効果について確認する。次に、中空陰極内プラズマに対し水素バルマー線の線強度比より電子温度や気体温度を分光測定法により求め、気体圧力や放電電流との関係を実験的に求める。

**実験装置** 実験に使用した電極の断面形状とその配置を図 1 に示す。陰極と陽極が対面する空間の電極配置が同じとなるようする。陰極は真空フランジの中央部に製作し、次の二種類とした。厚さ 4mm の黄銅板の中央部に直径 0.8mm の穴を開け、その内面を中空陰極として使用する。もう一つは、厚さ 1.5mm の黄銅板の中央部に直径 16mm 長さ 26mm の黄銅棒を半田付けし、その中央部軸方向に直径 1.85mm の穴を開けた中空陰極で図に示してある。陽極は厚さ 10mm の真空フランジ(VG65)内に直径 10mm の穴を開けた厚さ 2mm のアルミニウム円板を組み込み、陰極面側に絶縁板を置いた。絶縁には厚さ 1mm のテフロン板を二枚(中心部の穴直径が 6mm と 12mm)使用したが、陰極に対する穴径・穴位置合わせが不揃いのため完全な絶縁は得られなかった。その結果、真空シール部ゴムパッキンとテフロン円板の隙間、絶縁板からはみ出した陰極面が放電面になる可能性が考えられる(絶縁構造 A とする)。その対策として真空シール部ゴムパッキンの内側に隙間なく埋め込んで使用できる絶縁円板(厚さ 1mm のアクリル板中心部に直径 0.8mm の穴)を用いた実験も実施した(絶縁構造 B)。電極は真空排気装置の配管系にフランジ接続し、油回転ポンプで 0.001Torr 以下に排気後、導入した空気の圧力(0.3Torr～30Torr)を調整しピラニ真空計で測定した。放電用直流電源は電圧調整用スライダックの電圧を 100V/2400V のセンタータップ変圧器で昇圧後、全波整流し得ている。平滑用コンデンサは 10 $\mu$ F を使用した。放電電圧、放電電流はデジタルマルチメータを使用し、放電開始電圧の決定は電圧が放電とともに急減するの

でその直前の電圧として記録した。

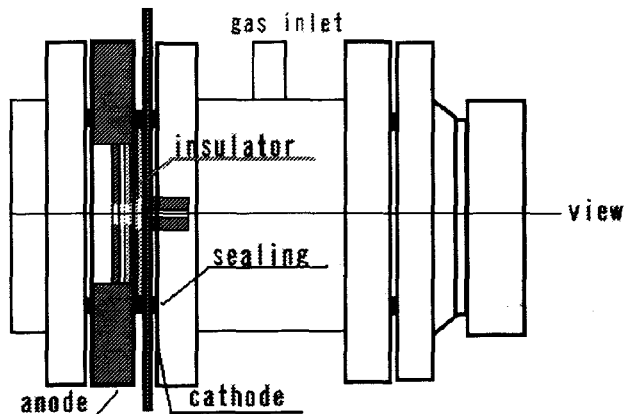


図 1 電極配置

中空陰極放電の中空陰極内を占める空気放電プラズマの発光スペクトル分布は、200nm～700nm の波長領域で図 1 の view 側から観測した。プラズマからの発光は焦点距離 10cm の凸レンズで一对一の大きさの実像を結像し光ファイバ(0.2mm 素線コア 20 本 OPT-02UV,-02S 円形配列入射 1.3mm  $\phi$ , インライン出射 0.3mm×5mm)により分光器に導いた。回折格子分光器(日本分光 CT100CP 1200 本/mm ブレーズ波長 300nm)の入射スリット幅・高さは 0.020mm×2mm 一定とし、光電子増倍管(浜松ホトニクス R453)による光電測光方式で XY レコーダにて記録した。使用した測定系の逆分散 0.77nm/mm(650nm)より計算するとスリット波長幅 0.0154nm である。分光感度特性の概略を図 2 に示す。

### spectral sensitivity by 2490K W-lamp

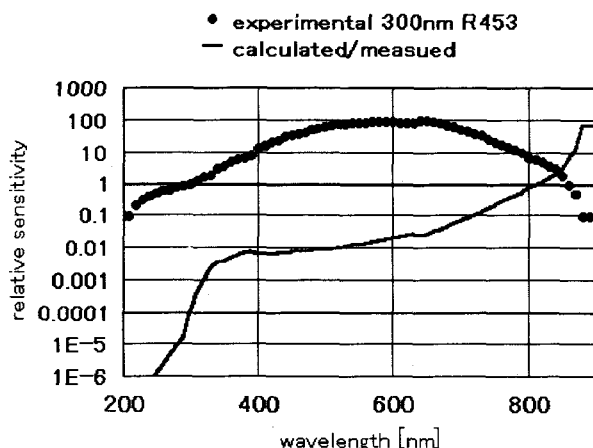


図 2 測定系の分光特性曲線

測定系の分光特性曲線(理論値の測定値に対する比)と

100W タングステン電球の分光スペクトル分布の測定結果を示す。発光強度は測定値にこの分光特性値を掛けることにより得られ、350nm 以上で特性曲線は緩やかに増加している。これ以下の波長では光源が電球のため得られていないが、感度は光電子増倍管の分光特性から 400nm 以上の領域から短波長側にそのまま緩やかに減少するものと予想される。

### § 3. 実験結果と考察

放電維持電圧と放電電流の関係を陰極径 1.85mm  $\phi$  の場合と 0.8mm  $\phi$  の場合について図 3 と図 4 に示す。まず放電空間の様子を述べる。図 3 の 1.85mm  $\phi$  の場合について、低気圧では中空陰極内面は陰極として作用せず、発光は放電空間全体が薄ぼんやり見え、気圧を高くするに従い陰極陽極間の空間で観測された。放電維持電圧と放電電流の関係は、電圧の増加とともに放電電流は増加するが 1Torr 以下の低気圧ではその割合は小さい。電圧増加に対する電流増加率は 0.03mA/V で、図中では電圧軸に沿って現れている。6Torr 以上の高気圧では陰極陽極間の発光は見られずフランジの端で放電・発光したと推定され、その電流増加率は低気圧の場合より大きく 0.23mA/V であった。これは絶縁構造 A のためフランジ面間の放電路が形成されたためである。中間の気圧範囲では中空陰極内に強い発光が現れ、放電維持電圧の急な低下と放電電流の急激な増加が生じ、その電流増加率 10mA/V と大きい。また放電維持電圧はほぼ一定値 400V 弱となり、ホロー陰極効果が確認できる。次に図 4 に示す 0.8mm の場合、2Torr 以下の低気圧では電流増加率 0.1mA/V 以下、4Torr 以上でホロー陰極効果が現れた範囲では 20mA/V かそれ以上の増加率である。

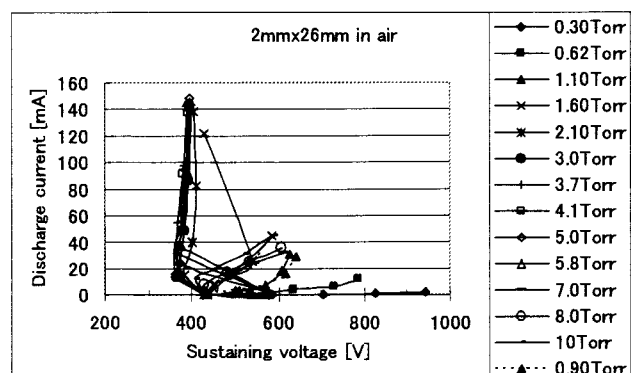


図 3 陰極径 1.85mm  $\phi$  の電圧電流特性

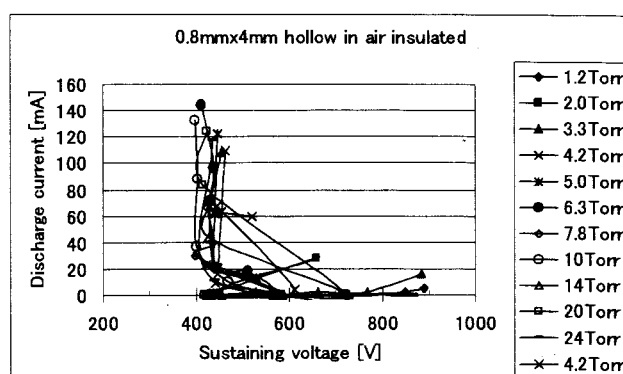
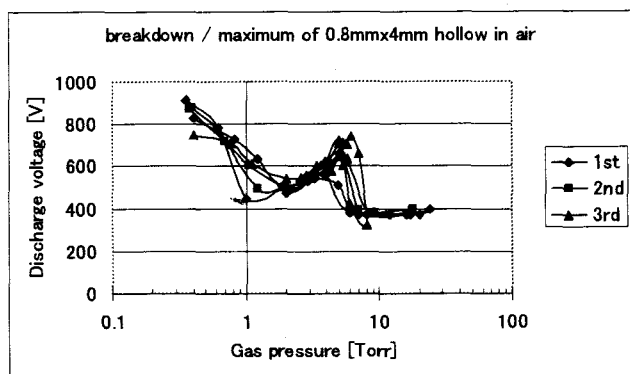
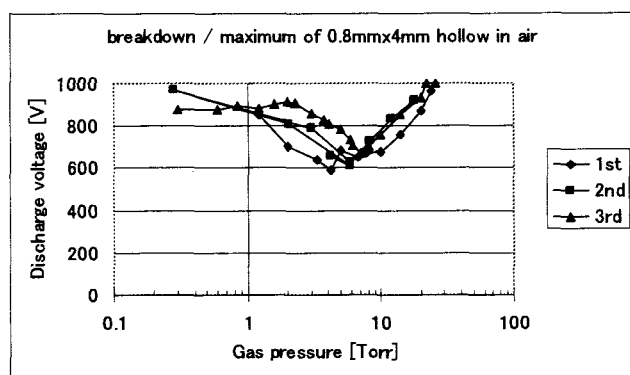
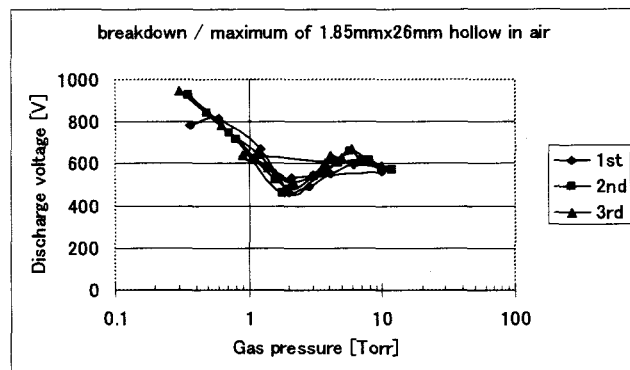


図 4 陰極径 0.8mm  $\phi$  の電圧電流特性

放電開始電圧と気圧の関係を絶縁構造 A として陰極径 0.8mm  $\phi$  の場合と 1.85mm  $\phi$  の場合について図 5A と図 6 に示す。1.85mm  $\phi$  の場合、放電開始電圧は空気の気圧 0.3Torr $\sim$ 10Torr の範囲で測定し、0.3Torr から 2Torr を越えるまで放電電圧は減少している。この時中空陰極内部の強い発光は見られず、陽極面と陰極面間の空間に発光が観測される(電極間距離は陰極面とアルミニウム陽極面間距離に等しく約 5mm)。この電圧は電源電圧(スライダック 70V)の最大値 1000V から安定化抵抗 1.25k $\Omega$  による電圧降下を除いた値である。2Torr から 6Torr では中空陰極内に強い発光が見られ、負グローは陰極内部に閉じ込められホロー陰極効果が観測される。2Torr から気圧の増加とともに放電開始電圧は 500V から 600V と増加し、6Torr を越えると放電電圧は減少し始め、放電による発光は観測窓からは観測されない。この時放電は真空フランジのシール用ゴムとテフロン板の隙間を通る放電経路が形成されていると推定される(フランジ面間距離 1mm 強)。ホロー陰極放電 2Torr $\times$ 5mm に対しフランジ面間放電の電極間隔 1.5mm と仮定すると 6.7Torr で放電する。実際解体した電極の真空シール付近が黒く焼け焦げていた。

そこで陽極フランジ面と対抗する陰極面間を真空パッキンとアクリル板で完全に絶縁した構造 B とした 0.8mm  $\phi$  の場合における放電開始電圧と気圧の関係を図 5B に示す。絶縁構造 A の場合 5Torr から 7Torr でホロー陰極効果が観測され、放電開始電圧は 600V から 700V である。一方、絶縁構造 B の場合 5Torr 以上でホロー陰極効果が観測され、放電開始電圧は気圧とともに増加した。図 5A-B、図 6 中、凡例は測定の繰り返し順序示す。

図 5A 陰極径 0.8mm  $\phi$  の場合の放電開始電圧の気圧依存性図 5B 陰極径 0.8mm  $\phi$  の放電開始電圧の気圧依存性図 6 陰極径 1.85mm  $\phi$  の放電開始電圧の気圧依存性

以上の結果より、中空陰極内直径  $d=1.85\text{mm}$   $\phi$  の場合、放電開始の最小火花電圧とその時の気圧は 505V と 2.2Torr、そして  $pd=0.407\text{cmTorr}$  となる。0.8mm  $\phi$  の場合 600V と 5.0Torr、 $pd=0.400\text{cmTorr}$  となりほぼ一致している。空気中鉄平板陰極で  $pd=0.567\text{cmTorr}$  の値が知られている<sup>(7)</sup>。また同じ電極材料ではアルゴンの方が小さい値である。以前報告したアルゴン気体中の黄銅電極では最小電圧約 300V、 $pd=0.55\text{cmTorr}$  であった。これに比べると空気中では最小火花電圧が高く、その時の気圧×放電路長  $pd$  は大きくなっ

ている。

次に中空陰極内部を占める負グロープラズマの特徴を調べるため、内直径 1.85mm  $\phi$  ×長さ 26mm の黄銅中空陰極放電について電子温度と気体温度の測定を行った。放電プラズマが狭い空間領域に限られているため発光分光分析による測定を試みた。

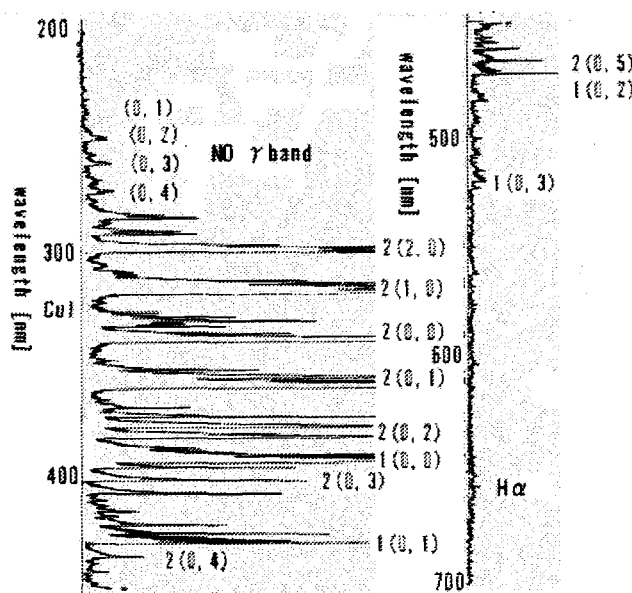


図 7 空気放電の発光スペクトル分布

初めに空気グロー放電の発光分光スペクトル分布の測定例を図 7 に示す。ホロー陰極効果を呈している場合を示し、この記録例を見ると分子帯が主で強い発光の順に窒素分子の第二正帯  $2^+(0,0)$ 、正の窒素分子イオンの第一負帯  $1^-(0,0)$  及び一酸化窒素(NO)の  $\gamma$  帯である。その他、陰極材料の一つの銅共鳴線(325nm)、微弱ではあるが水素原子の発光線が検出された。レンズで集光した光は全て光ファイバに入射し、中空陰極内部の発光空間分布は考えてない。

水素原子の発光スペクトル線の分布の測定例を図 8 に示す。 $H_\alpha$  線の輪郭について測定した線スペクトルの全半値幅は 0.06nm あり、装置幅 0.016nm に比べ大きい、スペクトル広がりの原因をドブラー広がりとするとその温度は高く 1.35eV あり、解離による発光主の生成が主であることが分かる<sup>(8)</sup>。 $H_\alpha$  は 20eV 程度のエネルギーを持つ成分も現れている。その成分の概要を図中にも示した。 $H_\beta$  は他の分子帯分布に重なっている、その強度を推定し直線で示した。線強度比を用いた電子温度の算出には、全半値幅 1.35eV のエネ

ルギー成分の発光のみを利用している。

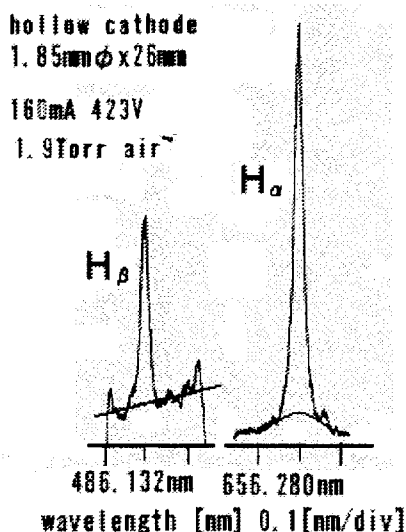


図8 水素原子発光スペクトル分布

電子温度 低気圧放電の電子温度測定の水素バルマー線の利用<sup>(9)</sup>水素原子バルマー系列の  $H_\alpha$  と  $H_\beta$  により電子温度を推定した。熱平衡状態と仮定して基底状態(密度  $n_0$  エネルギー  $E_0$ )の原子が電子衝突励起され励起準位  $i$  の占有密度は次式で表される。

$$n_i = g_i n_0 \exp(-(E_i - E_0) / kT)$$

準位  $i$  から  $k$  への自然放射遷移による発光強度(光量子数)は遷移確率を  $A_{ik}$  とすると  $I_{ik} = A_{ik} n_i$ 、 $j$  準位についても同様に表される。その比の対数値は電子温度  $T$  の逆数に比例する、この関係式を次のように書き直す。ボルツマン定数  $k$  素電荷  $e$  として次の式で表される。

$$kT/e = \frac{E_i - E_j}{\log_e(I_{ik} S_i A_{jk} g_j / I_{jk} S_j A_{ik} g_i)}$$

準位  $i$  と  $j$  に対し水素バルマー系列の  $H_\alpha$  と  $H_\beta$  を対応させると各係数は次のようになる<sup>(10)</sup>。

$H_\alpha$  (656.280nm)  $E=12.088\text{eV}$   $g=18$   $A_{ik}=44.1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$  分光感度曲線より  $S=293.8$

$H_\beta$  (486.132nm)  $12.749\text{eV}$   $32$   $8.419 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$   $S=88.7$

$$kT/e = 0.661 / \log_e(1.124 \cdot I_i / I_j) \quad [\text{eV}]$$

線強度比  $I_i / I_j$  は測定値より求められる。

電子温度の放電電流依存性を図9に示す。1.85mm  $\phi$  中空陰極の場合、電子温度は放電電流 40mA にて数 eV から減少し 100mA 越えるとほぼ 1eV である。40mA 以下では測定値の読み取り誤差が大きい。ホロー陰極内負グロープラズマ内

の電子エネルギー分布関数は電流値がある程度大きいとマクスウェル分布に近づくと考えられ、電子励起それに続く自然放射は線強度比による電子温度算出の妥当性が得られる。しかし本実験ではホロー陰極からのプラズマの吹き出しが乱流状態のため測定結果は放電の再現性が悪く、気圧依存性については結論できない。

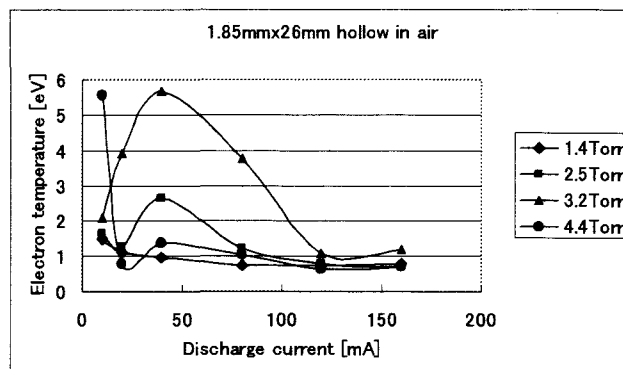


図9 中空陰極内の電子温度放電電流依存性

気体温度 分子回転スペクトル分布を用いると回転温度が得られる。窒素分子イオン第一負帯(0,0)の発光スペクトル分布(R枝)より得られた等価回転温度は気体温度の検出に利用されている<sup>(11,12)</sup>。振動遷移  $v \rightarrow v'$ 、回転遷移上準位の回転量子数  $J$  とするとその発光強度は次の式で表される。<sup>(13)</sup>

$$I_J = (2J+1) \cdot \exp(-(2.083 - 0.0195 \cdot (v+1/2)) \cdot J(J+1) / kT_r)$$

$v=0$ ,  $J=0,1,2, \dots$  ここで  $T_r$  は等価回転温度、数値  $2.07325\text{cm}^{-1}$  は回転量子エネルギー。発光スペクトル分布の測定例とそのボルツマンプロットを図10と図11に示す。

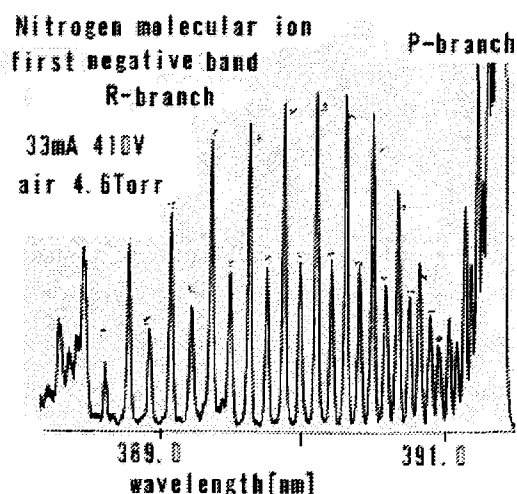


図10 窒素第二負帯の発光スペクトル分布

櫛状に見える部分がR枝、391nmから回転量子数  $J=0,1,2$  …と短波長側に分布している。発光強度に分光感度を考慮して多重度(2J+1)で割った値を縦軸に、横軸に回転遷移の上準位のエネルギーを回転量子エネルギー単位で示している。

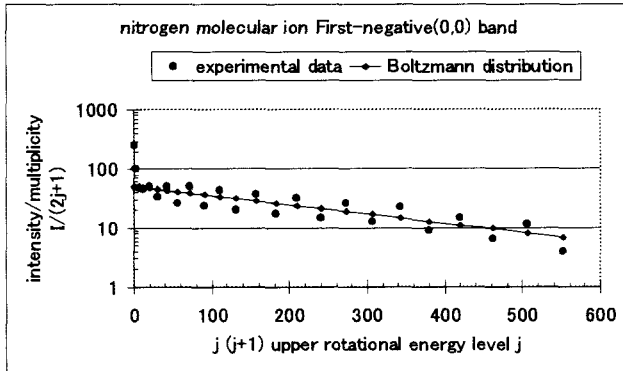


図11 窒素第一負帯の発光強度のボルツマンプロット

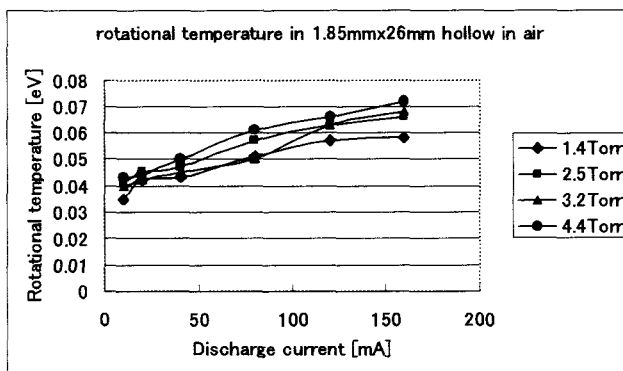


図12 回転温度の放電電流依存性

中空陰極内部、窒素第一負帯の回転温度の放電電流依存性を図12に示す。これを見ると回転温度は放電電流とともに単調に増加し、1.85mm  $\phi$  中空陰極 3.2Torr の場合 10mA、0.040eV から 160mA、0.68eV に増加した。電流の増加とともに放電空間へ注入されるエネルギーは増加し気体温度が増加する。気圧が高い方の気体温度が高くなったのも同じ理由である。

さて、電子は入力に対する応答がよいため放電電圧・電流の変動の影響を受けやすい。電子温度の測定結果にはそれが強く現れた。放電の安定化のため安定化抵抗を大きくする、電源の安定度を改善するなど測定精度を上げることが必要である。また局所熱平衡の仮定の検証と電子密度など他のプラズマパラメータ測定や探針測定による電子温度の測定結果と比較など今後の課題である。

#### §4. まとめ

相似則が成立  $pd=0.4\text{cmTorr}$  で最小火花電圧となり、放電開始電圧は陰極内径が小さいほうが大きく、陰極径が小さいほうが気圧の高い側に曲線が推移している。中空陰極効果が現れると電圧ほぼ一定で電流は急激に増加するその放電維持電圧は約 400V である。発光分光測定の結果、1.85mm  $\phi$  中空陰極内の負グロープラズマの電子温度は 0.6~5eV、気体温度(等価回転温度)は 0.04~0.07eV である。放電電流の増加に対し電子温度は低下するが気体温度は増加する。気圧の増加に対し気体温度は増加し、電子温度は減少している。

#### 参考文献

- (1)電気学会技術報告第 688 号「プラズマディスプレイ内の放電基礎特性」(1998)
- (2)電気学会技術報告第 699 号「新しい高輝度高効率光源システム」(1998)
- (3)電気学会技術報告第 810 号「放電プラズマの環境改善への応用」(2000)
- (4)Robert H. Stark and Karl H. Schoenbach: J. Appl. Phys. vol. 85(4) (1999) pp2075-2080
- (5)C. Penache, M. Mickea, A. Brauning, O. Hohn, S. Schossler, T. Jahnke, K. Niemax and H. Schmidt-Bocking: Plasma Sources Sci. Technol. 11(2002) pp476-483
- (6)山崎勉:呉高専研究報告 62(2000)pp57-62
- (7)山本賢三・奥田孝美訳「エンゲル改訂 電離気体」コロナ社(1977)p183
- (8)S. Djurovic, J. R. Roberts: J. Appl. Phys. 74(11) (1993) pp6558-6565
- (9) M. Shimosuma, G. Tochitani, and H. Tagashira: J. Appl. Phys. 70(2) (1991) pp645-648
- (10)A. I. P. Handbook 3<sup>rd</sup>. ed. (1972) Mc-Graw Hill Inc.
- (11)D. E. Gerassimou, S. Cavadias, D. Mataras, and D. E. Rapakoulias: J. Appl. Phys. 67(1) (1990) pp146-153
- (12)山崎勉:呉高専研究報告 28(2) (1993) pp63-72
- (13)G. Herzberg: "Spectra of Diatomic Molecules 2<sup>nd</sup> ed." Van-Nostrand Reinhold Com. Inc. (1950)

# 加工砂製造時に生じる廃棄泥分の利用について

(建築学科) 福原安洋  
(専攻科建設工学専攻) 阪井憲司

## Trial for New Material from Wasted Mud in Producing Processing Sand

(Dep. of Architecture and Structural Eng.) Yasuhiro FUKUHARA  
(Advanced Architecture and Civil Engineering Course) Kenji SAKAI

### Abstract

The processing sand that is drawing the attention as new fine aggregate in place of the sea sand necessarily produces a lot of waste mud in the producing process. This study intends to produce new building tile or paving block from waste mud. The waste mud was mixed with slaked lime or portland-cement and water, and was mold under high pressure. In this study 3 curing ways, 3 mud crashing ways and some mix proportions were tried to search the most suitable condition for new material.

**Key Words :** processing sand, wasted mud, non-burnt brick, slaked lime, cement  
加工砂、廃棄泥分、非焼成製品、消石灰、セメント

### § 1 まえがき

加工砂の生産工程において原料全体の約 15～20%程度の副産物(泥分)が除去される。現状では、この泥分は採取場所への埋め戻しや工場内で野積み状態のまま放置されているが、最終的には廃棄物として処理しなくてはならず、埋立地の確保などの問題を抱えている。さらに、岡山県では2003年度、香川県・愛媛県では2005年度から海砂の採取を禁止する方針を固めており瀬戸内地方での海砂採取は全面禁止の方向に向かっている。このことから、加工砂の製造の増加が予想され、廃棄泥分も増加すると思われる。したがって、廃棄物問題を解決するには、この泥分を主原料とした建材などの製品の開発という有効な再利用方法が必要である。

泥分を再利用する用途として、現状では陶器瓦の粘土調合への利用などがあるが、使用される量は少なく他に有効な利用方法が見つかっていない。本研究ではこの泥分を使用した建材の開発を目的とし、品目としては大量の原料が消化できると考えられる歩行者道路舗装材であるインターロッキングブロック材<sup>1)</sup>などを想定している。その性能は曲げ強度  $2.9\text{N/mm}^2$  以上、圧縮強度  $17\text{N/mm}^2$  以上である。また製造に使う燃料や設備などのコストの面から、結合材として主に消石灰を使用し、適度な加圧による成形、及び高温養生を行う方法とした。

### 2.1 泥分試料

本研究に用いた泥分は、広島県賀茂郡内の加工砂製造工場から採取してきたものを使用した。その粒度分布及び通過率を図1に示す。この泥分は凝集剤を用いて圧搾機により絞られた粘土塊の状態である。これを乾燥炉に入れ絶乾状態にし、泥分塊を木槌で適度に砕き、0.6 mmの網目をセットした懸吊式電動ふるい機にかける。なお、ふるいの中に直径10 mmの碎石を入れてふるいを行うと、碎石が泥分を研磨しふるいの効率を上げることができた。

泥分試料には、懸吊式電動ふるい機によりできた0.6 mmの泥分、そして、それを振動数1720 (R.P.M)の振動型ふるい振とう機にかけ0.3 mm、0.15 mmのふるい目を通った3種類の粒径の泥分を用いた。なお、振動型ふるい振とう機にかける際は、結合材を共に混ぜてふるい、2つの材料の混合を兼ねた。

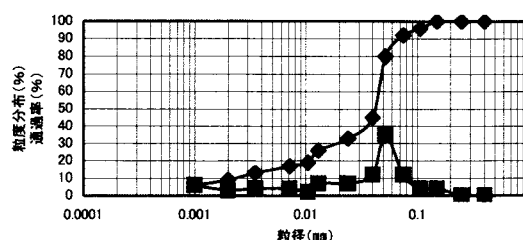


図1 泥分の粒度分布、及び通過率

### § 2 材料および調合

2.2 結合材

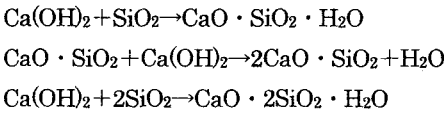
主結合材の種類としては、“三和土”でも使用される消石灰（水酸化カルシウム）と、ポルトランドセメントを採用した。消石灰を使用した理由は、左官材料として用いられており比較的安価で入手しやすいためである。また、泥分の固化反応を促進する効果があるとされる珪酸ソーダ（水ガラス）、及び磷酸アルミの2種類をバインダーとして使用した。

実験に使用した結合材とその主成分および泥分の含有率を表1に示す。

表1 各種結合材の主成分および含有率

結合材名		主成分	含有率(%)
消石灰		$\text{Ca(OH)}_2$	100
セメント		$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	50
		$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	26
副結合材	珪酸ソーダ	$\text{Na}_2\text{O}$	14~16
		$\text{SiO}_2$	32~35
	磷酸アルミ	$\text{P}_2\text{O}_5$	18
		$\text{Al}_2\text{O}_3$	3.9
		エタノールアミン	30

この主結合材・消石灰の硬化作用メカニズムは、まず消石灰の成分の  $\text{Ca(OH)}_2$  が、泥分中の  $\text{SiO}_2$  と反応し。この反応により生成される珪酸カルシウム水和物が、ケイ砂粒子の結合因子となり、硬化に貢献することである。その反応式は次に示すものである。<sup>3)</sup>



また、セメントにおける硬化作用メカニズムは、コンクリートと同様の水和反応からなるものと考えられる。

このセメントによる水和反応では、硬化体のトベルモライト  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  が生じる。またこの時に、遊離石灰として  $\text{Ca(OH)}_2$  が生じる。これが泥分と交わることで、前例の硬化反応も生じると考えられ、硬化の更なる促進が期待できる。

§ 3 試験体作製について

試験体の形状および作製方法について以下に述べる。

3.1 試験体の調合

泥分と結合材との量は、試験体の体積の関係から合計量を一定とした (450g)。消石灰では最小限の結合材量 (10%) を基準に徐々に増やしていく方法をとった。セメントでは泥分との割合を徐々に減らしていく方法を取り、その強度の結果から消石灰との調合量の比較を行った。水量についても成形の可能な最低限の量 (6%) から始め、量を増やして比較を行った。

本研究で行った調合を表2に示す。

3.2 試験体の形状

型枠は、JIS-R-5201～セメント物理試験方法～に用いられるセメント強度試験機（ミハエリス曲げ試験機）を利用するため、40×40×160 の試験体形状に合わせた。

型枠は、図2に示すように10～15mmの鋼板を用いて製作した。型枠の小口部分は、左右両側の角を取ることで試験体の形態を崩さず、容易に脱型できるように工夫した。

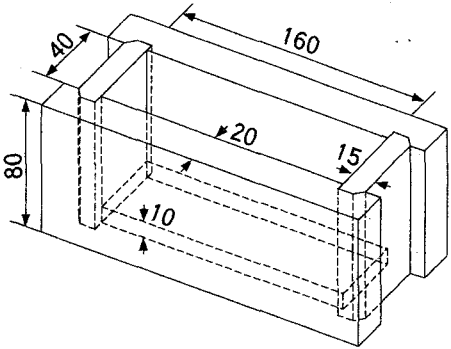


図2 試験体作製に用いる型枠

表2 試験体調合一覧

No	泥分 (g)	消石灰 (g)	セメント (g)	水量 (g)	副結合材
A-01	405	45 (10)		27 (6)	
A-02					
A-03					
A-04					
A-05	375	75 (17)		27 (6)	
A-06				40.5 (9)	
A-07				54 (12)	
A-08				72 (16)	
A-09				72 (16)	
A-10					
A-11					
A-12				54 (12)	磷酸アルミ
A-13				54 (12)	珪酸ソーダ
A-14	346	104 (24)		72 (16)	
B-01	235	235 (50)	72 (16)		
B-02	310	155 (33)			
B-03	345	115 (25)			
B-04	360	90 (20)			
B-05	375	75 (17)			
B-06	390	65 (14)			
B-07	400	50 (11)			
B-08	410	41 (9)		54 (12)	
C-01	300	15 (3)	135 (30)	72 (16)	
C-02		30 (7)	120 (27)		
C-03		45 (10)	105 (23)		
C-04		60 (13)	90 (20)		
C-05		75 (17)	75 (17)		
C-06		90 (20)	60 (13)		

( )内の数字は泥分と結合材を合わせた全体量に対する割合。

### 3.3 試験体の作製方法

試料の混合には以下に示す混合方法①、混合方法②の2種類を用いた。実験当初は①の方法を使用していたが、後で②の改良方法を工夫し採用した。

練り混ぜにはセメント試験に用いるモルタルミキサーを用いた。ミキサーの回転速度は、低速（約170回/min）及び高速（約340回/min）の2段階である。

#### 混合方法①

泥分と結合材をモルタルミキサーに入れ、3分間練り混ぜる。さらに水（または副結合材を混ぜた水）を加え、2分間混ぜる。その後、ミキサーの回転速度を高速にして1分間混ぜる。

#### 混合方法②

泥分と結合材を合わせて、振動型ふるい振とう機の0.3mmまたは0.15mmふるいでふるう。このことにより、泥分中に結合材を均一に分布させておくことができ、結合材と泥分の水和反応が促進されることが期待できる。

練り混ぜた試料を型枠に詰め、押し抜き用の加圧板をのせ、型枠はボックス型の鋼材で挟み、ボルトで締め付けた。これは加圧力による型枠の横方向への広がりを防ぐためである。そして、アムスラー試験機により125kN（19.6 N/mm<sup>2</sup>）の載荷荷重で加圧成形を行い、脱型した。

なお研究当初、加圧力は耐火煉瓦工場で行われているもの（31.4 N/mm<sup>2</sup>）を試していたが、この場合は、型枠が変形したり試験体に亀裂ができるなどの問題から上記の加圧力を採用した。

### 3.4 高温養生の条件

養生は、60℃、75℃、90℃、120℃の4種類の高温養生で行い、養生温度条件の違いによる強度変化を検討した。養生温度条件ごとの期間は、高温条件のものほど硬化反応速度が速いものと予測されることから、60℃で1週間（60-1w）、75℃で1週間（75-1w）、90℃で24時間（90-24h）、120℃で3時間（120-3h）とした。これらの期間の違いは、高温時に水が蒸発し注ぎ足さなくては機能しなくなるという実験装置の都合上の点もあるが、本研究の主旨でもある製造の際の使用エネルギーを押さえるという点から決定した。その方法は、次の3種類である。また、養生温度と養生期間については図3に示す。

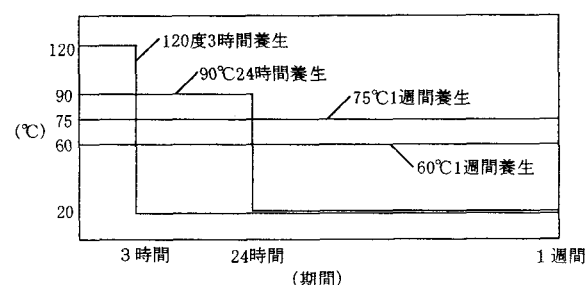


図3 養生の温度とその期間

#### (1) 蒸し器による方法

図4に示すように、90℃条件のものは蒸し器を用いた。市販の蒸し器300×300×200の底に湯を張り、棚上にチャック付きポリエチレン袋に入れた試験体を載せた。加熱は電気ヒーターを用い、温度管理には電熱器と温度計にリレー回路を接続したものを使用し、棚上の温度が90℃に保たれるようにコントロールしながら24時間養生をした。

#### (2) 水槽による方法

水槽では60℃、75℃養生を行った。図5に示すように1000×500×300の水槽の底に湯を張り、上段にポリエチレン袋に入れた試験体を2段に分けて入れ、温度調節機能付きバケツ用ヒーター（100V、1kW）で一週間の養生を行った。また、期間中の温度は30分ごとに自動記録し、変動の小さいことを確かめた。

#### (3) 圧力鍋による方法

圧力が高くなると、水の沸点が上がり、より高温の養生状態を得ることができるという原理を用いた。市販の圧力鍋を用いて2気圧で120℃の養生を行った。圧力鍋（φ220 ホクアM型 4.5 l）の底に湯をはり、棚を作ってその上に試験体を置いた。圧力鍋を電熱器上で加熱し3時間養生を行った。

#### (4) 常温養生

90℃、120℃の高温養生後のものについては、乾燥しないように試験体をポリエチレン袋に入れたまま発泡スチロールケースに入れ、20℃の養生室で養生し、全養生時間が一週間となるようにした。

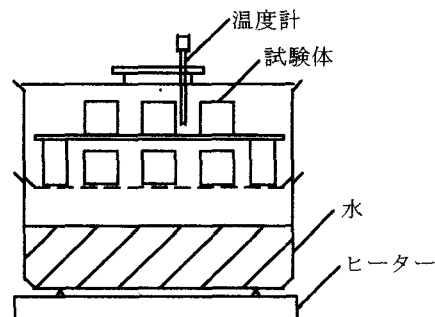


図4 養生方法（蒸し器）

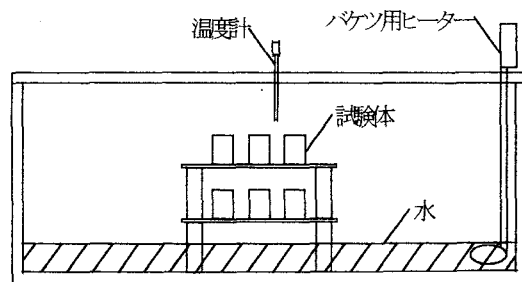


図5 養生方法（水槽）

## §4 試験方法

試験方法は JIS-R-5201～セメント物理試験方法～により曲げ試験と圧縮試験を行った。

なお曲げ試験は、養生を行った試験体にミハエリス曲げ試験機を用いて行った。

強度試験時の含水率 $p$  (%) は、試験時の質量 ( $W_1$ )、試験後乾燥炉に入れ絶乾状態質量 ( $W_2$ ) を求め、次式から導いた。

$$p = \{(W_1 - W_2) / W_2\} \times 100$$

また単位容積重量 ( $g/cm^3$ ) は、試験体養生後においてそれぞれ質量、高さ、幅、長さを測定して次式で求めた。

$$\text{単位容積重量} = \frac{\text{養生後の試験体の重量 (g)}}{\text{養生後の試験体の体積 (cm}^3\text{)}}$$

表3 試験体実験結果一覧

No	混合方法	粒径 (mm)	養生	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )
A-01	①の方法	0.6	60-1w	5.74	2.28
A-02			70-1w	6.95	2.44
A-03			90-24h	6.86	3.10
A-04			120-3h	5.19	3.25
A-05				5.48	2.72
A-06				8.26	3.42
A-07				11.21	3.58
A-08				11.37	3.58
A-09		0.6	90-24h	8.46	3.63
A-10		0.3		9.08	4.27
A-11		0.15		10.22	4.52
A-12				12.61	5.68
A-13				10.87	3.18
A-14				8.99	3.25
B-01	②の方法	0.15	60-1w	30.47	11.95
B-02				34.79	7.65
B-03				26.73	6.64
B-04				20.13	9.09
B-05				20.64	6.01
B-06				19.38	4.61
B-07				15.37	4.83
B-08				11.11	4.34
C-01				30.43	8.53
C-02				29.67	9.26
C-03				22.12	8.13
C-04				20.77	7.55
C-05				19.80	6.69
C-06				16.87	6.08

※1wは1週間、6h・24hは6時間・24時間を示す。

## § 5 実験結果と考察

### 5.1 高温養生条件について

実験の結果は表3に示す。まず高温養生条件について比較すると、図6で分かるように、90℃24時間養生の場合が最も高い値を示した。

また60℃・75℃の高温で1週間養生を行うより、90℃の高温で24時間養生を行った方が強度の発現が大きいことがわかった。このことより、低い温度で養生時間を長くしても水和反応は進行しないが、温度を上げることにより短時間で水和反応が進み、強度を得ることができると考えられる。しかし120℃3時間の養生結果から分かるように、期間が短すぎても反応は促進されていない。したがって1日以上は養生は必要と思われる。

コストの面でも、75℃1週間養生と90℃24時間養生を見た場合、強度は変わらないものの必ず蒸気養生をしなければならない90℃養生に比べ、75℃養生では管に湯を通して行う養生が可能のため設備費は多少安くできる。しかし、養生を行う熱量を単純に「温度×時間」で考えると90℃の方が半分以下に押さえられる計算になる。このことから90℃24時間の養生が最も適した方法と考えられる。

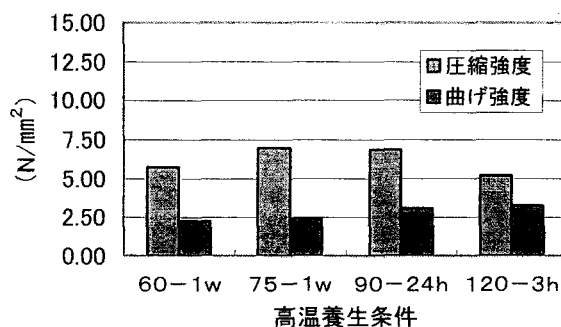


図6 養生温度条件と強度

### 5.2 泥分の粒径について

泥分と消石灰のみを調査したものについて、粒径が0.6mm、0.3mm、0.15mmの場合の圧縮強度と曲げ強度を、図7に示す。これにより、粒径が小さいものほど強度は大きいことがわかる。その理由として、泥分と消石灰の粒径が細くなることで、粒子間の空隙が少なくなりより密なブロック体となったこと、また泥分の表面積が増え反応効果が促進されたこと、さらに結合材が粒子間に行き渡ったことなどが考えられる。

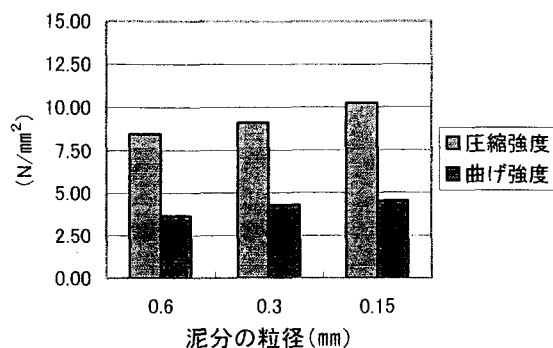


図7 泥分の粒径と強度

### 5.3 消石灰を用いた場合

#### (1) 消石灰の量

消石灰の量は最初、試料全体の10%（結合材比）の量で試したが、あまり強度が出なかった。そこで、さらに17%、24%の調合量について実験をした。なお、主結合材比（%）は主結合材／（主結合材＋泥分）×100（%）で表している。

図8の結果から、強度は消石灰の調合量が17%のものが最大となり適量だとわかる。これは、10%では泥分と反応する結合材の量が足りず、24%では結合材の量が泥分に対して多すぎて、反応しない消石灰が残り強度が上がらなかったことが原因として考えられる。

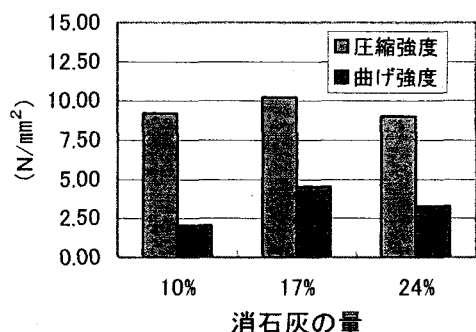


図8 結合材の量と強度

#### (2) 水量について

水量は、試験体作製のための適当な量、及び消石灰中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と泥分中の $\text{SiO}_2$ が水和反応するための必要量から決める必要がある。また水量が多い場合、試験体作製時に抽出されるので無意味である。試行の結果、実験では泥分と主結合材を合わせた量に対して調合した水量が、6%、9%、12%、16%のものについて比較することとした。

図9より、水量が多いほど強度が増加することがわかる。また12~16%にかけては、あまり強度に変化がないことから、水量が多すぎてもそれほど効果がなく、試験体の作製も困難になるため、作製可能な範囲で調整するのが適当である。したがって水量は12~16%が適量と思われる。

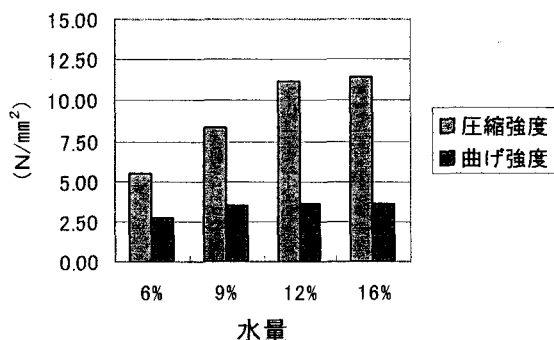


図9 水量と強度

### 5.4 副結合材を用いた場合

副結合材の調合量については、耐火煉瓦工場において製品の全質量の2~3%を調合していることから、本研究でも同様の調合量で使用した。その増加した容量は、水量を減らすことで調節した。図10にそれぞれの効果を示すが、消石灰のみの試験体と比べると、珪酸ソーダを用いた場合の曲げ強度以外は強度が増加しているのがわかる。

珪酸ソーダの效果に比べ、磷酸アルミは曲げ、圧縮とも強度が増加し大きな効果が認められる。この理由として、磷酸アルミに含まれるアルミナが消石灰の水和反応とは別の硬化作用を促し、試験体の硬化を強めたものと考えられる。また、珪酸ソーダはその主成分が泥分のそれとあまり違わなかったことが原因と思われる。

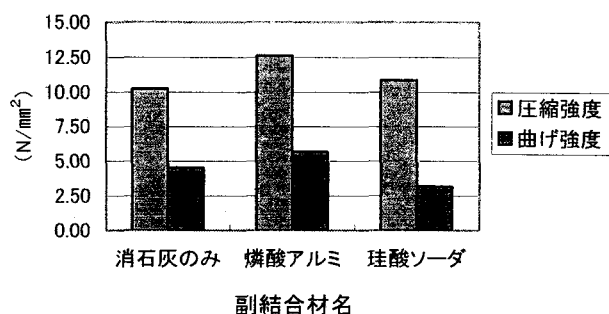


図10 使用副結合材と強度

### 5.5 セメントを用いた場合

消石灰とは別の結合材として、セメントを用いた試験体による実験を行った。泥分とセメントの割合が1:1（結合材比50%）となる割合から始まり、2:1（33%）、3:1（25%）…、とセメントの割合を徐々に減らし、強度の変化を見た。なお、10:1（9%）の試験体に関しては、水量16%では試験体作製時に水が流出してしまうため、12%とした。

図11に示す結果から、セメントの調合量に準じて試験体の強度は下がり、割合が10:1のとき、消石灰を使った場合の最大圧縮強度と同等の試験体できた。また、その消石灰の試験体と同量の結合材（17%）を混ぜたものでは、ほぼ2倍の強度を示した。

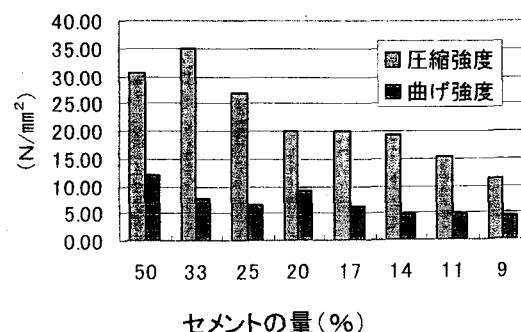


図11 セメント量と強度

## 5.6 セメントと消石灰を混合した場合

セメントと消石灰を混ぜ合うことで、硬化が促進されるか実験を行った。結合材料を一定（結合材比 33%）とし、セメントと消石灰の割合を、9:1、8:2…と変化させた。その結果を図 12 に示す。

その結果、セメント量を減らすほど強度は低下した。そこで、消石灰を混ぜたことで起きた影響を見るため、セメントの調合量が同じ試験体による強度の変化を図 13 に示す。

図の結果から、消石灰を入れることで曲げ強度は低下することが分かった。

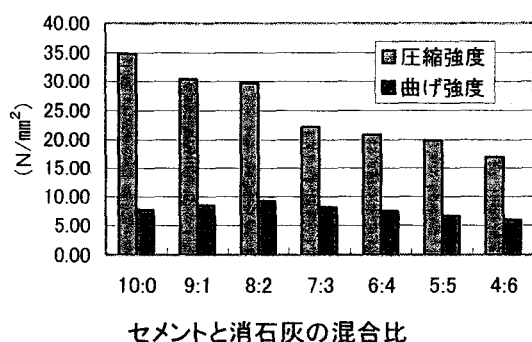


図 12 結合材の混合と強度

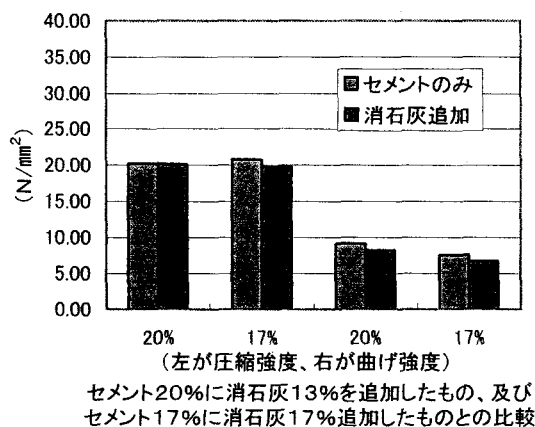


図 13 混合体との強度の比較

## 5.7 単位容積重量及び含水率について

実験の結果、単位容積重量は、消石灰を用いたものでは  $1.6 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$  で、調合や粒径などが異なっても大きな差はなかった。またセメントを用いたものでは約  $2.0 \text{ g/cm}^3$  となり、消石灰を用いたものの方が多少小さいものとなった。

また含水率は、消石灰、セメントどちらを用いた試験体でも平均約 12% となり、この値を大きくはずれたものは強度のない試験体となった。

## § 6 まとめ

今回の実験の結果は、以下の通りであった。

- 1) 泥分の粒径は小さくなるほど強度が大きい。この原因としては、粒子間の空隙が少なくなりより密になったこと、そして反応する表面積が広がったことが考えられる。
- 2) 消石灰量については、これが 17% の試験体に比べ 10%、24% では強度が低下した。このことから 17% が反応に必要な適当量と考えられる。  
水量はその調合量が増えるごとに強度も増加した。しかし、調合量が 12~16% にかけてあまり強度が変化しないこと、多すぎでは成型時ににじみ出てしまうことから、12~16% の量が最適と考えられる。
- 3) 養生方法としては、90℃24 時間養生のものが最も高い強度を示した。
- 4) 副結合材（バインダー）の使用では、珪酸ソーダはあまり効果がなかったが磷酸アルミは強度を増加させる効果があることが分かった。
- 5) 結合材にセメントを使用した場合、その調合量に応じて強度は増加し、目標圧縮強度である  $17 \text{ N/mm}^2$  には、セメント量が 12~13% で達することが分かった。消石灰との強度の違いは、硬化メカニズムの違いによると思われる。
- 6) セメントと消石灰を混ぜたことによる強度の増加は期待できなかった。むしろ過剰に加えられた消石灰が、泥分と反応しきれず残留し強度が低下することとなったものと考えられる。
- 7) 以上の結果、消石灰を使用した場合では、調合量が消石灰 17%、磷酸アルミ 2~3%、水 16% のものが最も高い強度を示した。しかし、インターロッキング材に必要とされる曲げ強度  $2.9 \text{ N/mm}^2$  以上には達したものの、圧縮強度  $17 \text{ N/mm}^2$  以上には達することができなかった。しかし、セメントを使用すれば調合量 12~13% で目標値に到達することがわかった。

### 〈参考文献〉

- 1) インターロッキングブロック協会：  
インターロッキングブロック舗装  
設計施工要領（平成 2 年度版）P. 88
- 2) 佐川 修：  
シルト質まさ土の圧縮及びせん断  
呉工業高等専門学校 建設工学専攻 論文集、2000. 3
- 3) 素木 洋一：  
建築セラミック材料(株)技報堂  
P.129~P.132

学生寮の構造耐震診断とその耐震性向上のための対策について

(建築学科) 福原 安洋  
(専攻科建設工学専攻) 倉田 浩充

Seismic Evaluation and Measures for Seismic Resisting Ability  
of Existing RC Dormitory Building

(Department of Architecture and Structural Engineering) Yasuhiro FUKUHARA  
(Advanced Architecture and Civil Engineering Course) Hiromitsu KURATA

Abstract

Seismic resisting ability of Existing RC dormitory building, designed with standard specification before 1971 ,was evaluated. And the result showed that the building is in danger of collapse. In this report two steps of seismic retrofitting were examined. First step of retrofitting giving slits between column and sidewall showed insufficient seismic evaluation. But second step of that arranging steel pipe bracings in the frame showed sufficient capacity of seismic resisting ability.

Key word : seismic resisting ability, seismic retrofitting, arranging steel pipe bracing  
耐震診断, 耐震補強, ブレース補強

§ 1 はじめに

2001年3月27日に発生した芸予地震により呉市の建物は大きな被害を受けた。呉市の学校建築には、1971年以前の旧設計基準で設計されているものが多く残っているが、これらは、せん断補強筋が少ないためせん断破壊を起こしやすいと推測され、今回の地震では、これらの中の約10棟の柱などに明らかなせん断ひび割れが認められた。

そこで本研究では、1971年以前の旧設計基準で設計されている呉高専第四寮について文献1)に基づいた第3次の耐震診断を行い、その耐震性能について把握する。また、判定には告示文献2)にも対応した。また、その耐震性向上のための対策としてまず、腰壁と柱の接合部にスリットを入れ柱の靱性指標を改善させた場合の効果について検討する。そして、これでも耐震性能は不足していると予測されるので建物を連層ブレース設置により補強した際の効果について検討することとした。

表1 建物概要

対象建物	呉工業高等専門学校学生寮第四寮				
規模	地下 0 階，地上 3 階				
竣工年	昭和 40 年				
最高高さ	9.1m				
構造種別	RC 造 3 階建				
各階階高 (m)	1 階	2.7	各階面積 (m <sup>2</sup> )	1 階	288
	2 階	2.7		2 階	288
	3 階	2.7		3 階	288
層質量 (t)	1 階	318.3	単位質量 (t/m <sup>2</sup> )	1 階	1.11
	2 階	318.3		2 階	1.11
	3 階	370.8		3 階	1.29
構造形式	X 方向	ラーメン構造			
	Y 方向	ラーメン構造		耐震壁	
材料	コンクリート強度			Fc16.7	
	鉄筋			SD295	
地盤種類	第 2 種地盤				

## § 2 対象建物の概要

表1に建物の概要を示す。また、図1に平面図を、図2に立面図を、表2に部材断面を、図3に鉄筋数を示す。

この建物は、学生寮という用途のため間仕切壁が多いが耐震壁は少なく、特にX方向(東西方向)には開口が多く壁がほとんど無い。また階高は、2.7mと低く腰壁があるため、せん断破壊を生じる柱が多く予測される建物

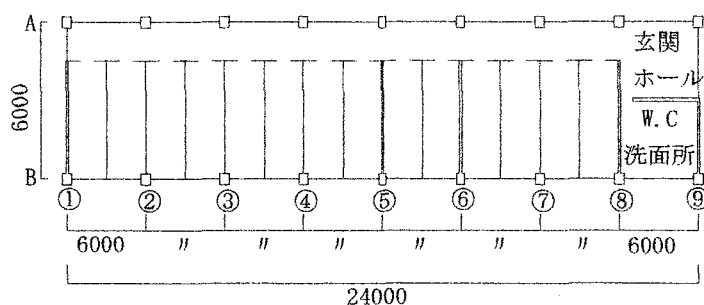
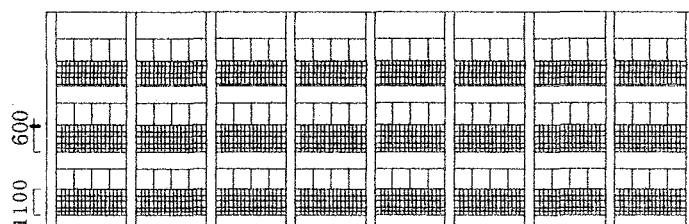
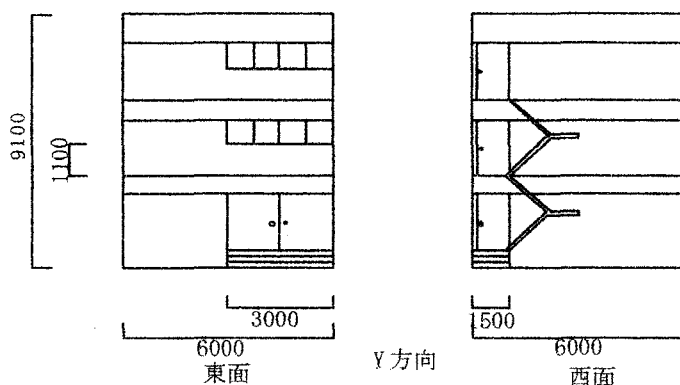


図1 1, 2, 3階平面図



X方向(南面)



Y方向

図2 X, Y方向立面図

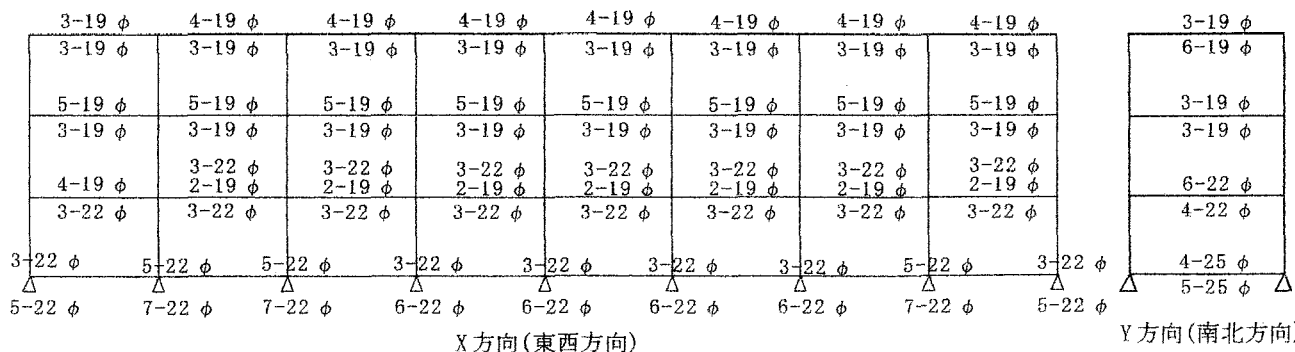


図3 鉄筋数

表2 部材断面表

	柱	地中梁	2階梁	3,R階梁
B×D	680×400	400×1650	400×800	400×600
鉄筋	10・φ19	図3に示す		

	W1	W2
壁厚	120	150
配筋	φ9@200	φ9@200

である。

## § 3 耐震診断

### 3.1 耐震診断方針

耐震診断は、建物の保有する耐震性能を指標で表すもので、構造耐力上主要な部分の地震に対する安全性の評価と改修が必要な場合における耐震補強計画作成を目的とする。

診断には、「2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」<sup>文献1)</sup>の第3次診断を適用する。

### 3.2 算定方針

#### (a) Is指標ならびにq指標の算定方法

建物の耐震性能については、Is値とq値により評価するものとする。Isは構造耐震指標と呼ばれるもので、式(1)により求め、水平力に対する建物の終局強度、あるいは靱性能力が大きいほどこの指標は大きくなる。qは保有水平耐力に係わる指標と呼ばれるもので、式(2)により求める。また、外力分布は高さ方向の水平力分布係数Aiから求めた水平力分布係数Biを用いる。

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad (1)$$

$$q = Q_u / (F_{es} \times W_i \times Z \times R_i \times A_i \times S_i) \quad (2)$$

$E_0$ : 保有性能基本指標

ただし、 $E_0$ は接点振り分け法により求めた柱の耐力、および靱性指標Fより算出する。

$S_D$ : 建築防災協会による耐震診断基準において実施調査等の結果から建築物の形状特性を合理的に評価するための指標で、本建物では $S_D=1$ とした、T: 経年指

標,  $Q_u$ :鉛直部材の保有耐力,  $W_i$ :層重量,  $Z$ :地域係数( $=0.9$ ),  $R_t$ :地盤特性係数( $=1.0$ ),  $A_i$ :地震層せん断力係数,  $St$ :建築物の構造方法に応じて定まる数値(RC造の場合: $0.3$ ),  $F_{es}$ :形状指標

ただし,  $F_{es}=1/SD$

また,式(2)での高さ方向の水平力分布係数 $A_i$ は式(3)によって求める。

$$A_i=1+(1/\sqrt{\alpha_i-\alpha_1})\times 2T/(1+3T) \quad (3)$$

$\alpha_i=W_i/\Sigma W$ ,  $W_i$ :当該階より上の重量,  $\Sigma W$ :建物の全重量,  $T$ :建物の固有周期

それを用いて(4)式から最下層を1とした加速度の分布係数 $B_i$ を求めた。

$$B_i=P_i/P_1 \quad (4)$$

$$P_i=W_i\times A_i-P_{i+1}$$

#### (b) 経年劣化の評価

RC造部の経年指標は,第5寮とほぼ同時施工のため同じ値である0.98を用いた。

#### (c) 耐震性能の判定

(1)「2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」<sup>文献1)</sup>による耐震性能の判定について

構造体の耐震性の判定は,式(5)による。

$$I_s \geq I_{so} \quad (5)$$

$I_{so}$ :構造耐震判定指標

ここで,構造耐震判定指標 $I_{so}$ は階の位置にかかわらず式(6)によって求める。

$$I_{so}=E_s \times Z \times G \times U \quad (6)$$

$E_s$ :耐震判定基本指標(第3次診断用 $=0.6$ ),  $G$ :地盤指標で,表層地盤の増幅特性,地形効果,地盤と建物の相互作用などによる補正係数( $=1.25$ ),  $U$ :用途指標で,建物の用途などによる補正係数( $=1.0$ )

なお,式(5)を適用して「安全」と判定する場合には,式(7)を満足することを条件とする。

$$C_{Tb} \geq 0.3 \times Z \times G \times U \quad (7)$$

$C_{Tb}$ :構造物の終局限界における累積強度指標

ただし, $C_{Tb}$ は式(8)によって求める。

$$C_{Tb}=Q_u/(F_{os} \times W \times A_i) \quad (8)$$

(2)告示第2089号<sup>文献2)</sup>による耐震性能の判定について

① $I_s \geq 0.7$ かつ $q \geq 1.0$ の場合:地震の震動及び衝撃に対して倒壊し,または崩壊する危険性が低い。

(倒壊の危険性が低く,補強の対象としない)

②①及び③以外の場合:地震の震動及び衝撃に対して倒壊し,または崩壊する危険性がある。

(倒壊の危険性があるため,補強が必要である。)

③ $I_s < 0.3$ または $q < 0.5$ の場合:地震の震動及び衝撃に対して倒壊し,または崩壊する危険性が高い。

(倒壊の危険性が高い。)

#### (d) 計算方針

コンクリート強度は第5寮とほぼ同時施工のため同じ

値である $F_c16.7$ を用いた。また,鉄筋・ブレース材とも鋼材の降伏点強度は $295N/mm^2$ を用いた。

#### (1) 柱のモデル化

柱のかぶり厚は,1段配筋5cmとする。

#### (2) 壁のモデル化

増打ちは,地震用重量及び柱軸力に考慮するが,診断時の構造断面としては,取り扱わない。また,コンクリート壁開口は,建具内法寸法+縦横それぞれ

100mmとする。また,片側柱付壁の定義は, $\alpha < 1.5$ ( $\alpha=H/L_w$ )とする。また,パラペットは,腰壁としては考慮しない。

#### (3) 第2種構造要素の判定

その部材の直行方向に鉛直荷重を支持できる壁の有無,または伝達できる部材の有無により工学的に判定した。

## § 4 診断結果と考察

診断の結果を表3,4に,X方向のQ-F関係図を図4に,Y方向のQ-F関係図を図5に示す。

#### (1) $I_s$ 値について

X方向の $E_o$ は1階で0.68,2階で0.44,3階で2.36であった。また, $I_{so}$ は1階で0.67,2階で0.43,3階で2.31であった。

Y方向の $E_o$ は1階で0.48,2階で0.37,3階で0.47であった。また, $I_s$ は1階で0.48,2階で0.36,3階で0.46であった。

#### (2) $I_{so}$ 値について

式(6)より, $I_{so}=0.68$ であった。また,X方向の $C_{Tb}$ は,1階で0.68,2階で0.44,3階で1.81であり式(7)を満足していた。また,Y方向の $C_{Tb}$ は,1階で0.53,2階で0.44,3階で0.56であり式(7)を満足していた。

#### (3) $q$ 値について

X方向の $Q_u$ は1階で7388kN,2階で4119kN,3階で4196kNであった。また, $q$ は1階で3.30,2階で2.02,3階で2.77であった。

Y方向の $Q_u$ は1階で5193kN,2階で3267kN,3階で2626kNであった。また, $q$ は1階で1.95,2階で1.60,3階で2.07であった。

#### (4) X方向について

X方向の崩壊メカニズムを図6に, $I_s$ 値と $q$ 値の結果を図7に示す。

図7に示すように保有水平耐力に関する指標 $q$ の最小値は,2階で2.02となっており,目標1.0をすべての階で満足している。

1・2階では,外柱は曲げ梁支配型で,その他の柱はすべて第2種構造要素となる極脆性柱となっているが,梁が先に曲げ降伏を起こすためせん断破壊を起こさない梁

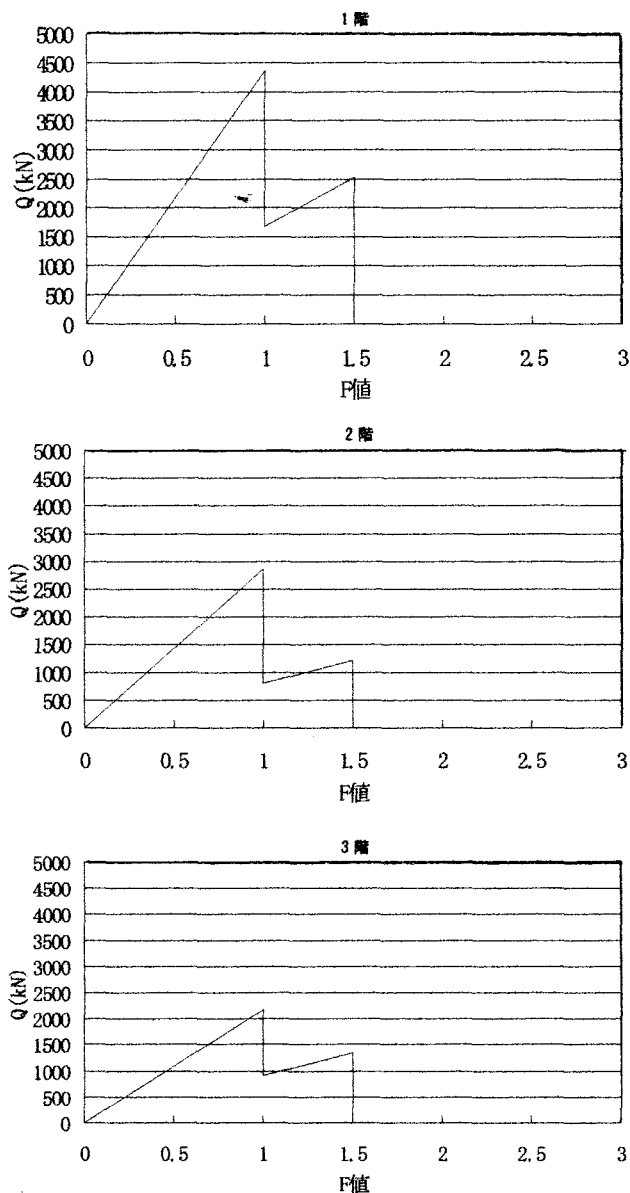


図5 Q-F関係図(Y方向)

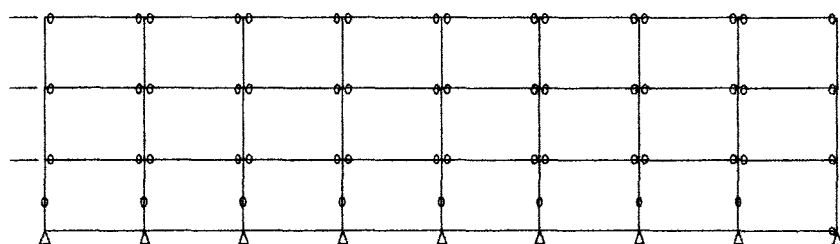


図6 崩壊メカニズム(A, B ラーメン)

があるため、補強が必要である。」となる。従って、耐力壁の増設などの耐震補強が必要である。

(5) Y方向について

Y方向の崩壊メカニズムを図8に、Is値とq値の結果を

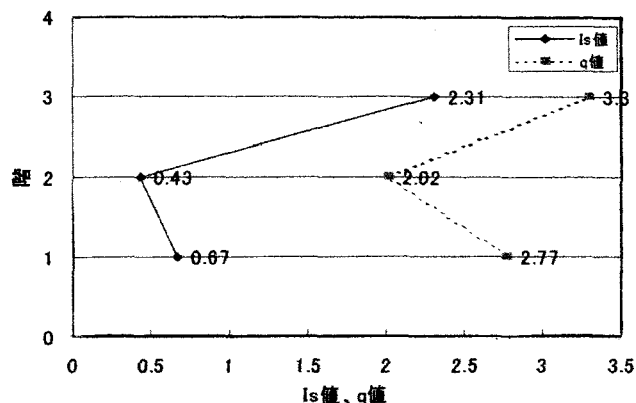


図7 Is値とq値(X方向)

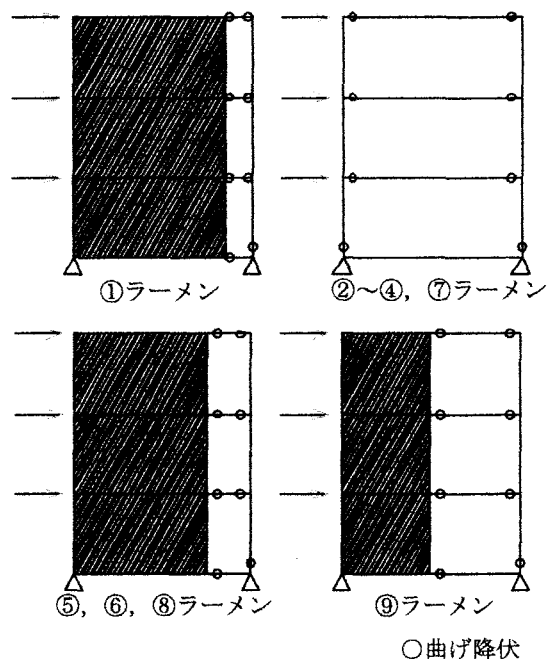


図8 崩壊メカニズム

図9に示す。

図9に示すように構造耐震指標Is値は、1階が0.48、2階が0.36、3階が0.46となり全ての階で構造耐震判定指標Iso値0.68を下回っており、危険であるといえる。これは、全ての階で層せん断力 $Q_u$ が小さく、さらに、靱性指数 $F$ も小さかったためである。

保有水平耐力に関する指標 $q$ の最小値は、2階で1.60となっており、目標1.0をすべての階で満足している。

また、本建物は、Y方向の全ての階が「耐震性能の判定(2)」では、「倒壊の危険性があるため、補強が必要である。」となる。従って、靱性指数 $F$ の改善、また、耐力壁の増設などの耐震補強が必要である。

表3 部材別耐力表

X方向		F	Q(kN)	分担率(%)	部材数	Q <sub>u</sub> (kN)
3階	極耐力柱	0.8	524	12	2	4196
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲げ梁支配型	3.0	3672	88	16	
	せん断梁支配型	1.5	-	-	-	
2階	極耐力柱	0.8	3793	92	16	4119
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲げ梁支配型	2.8	326	8	2	
	せん断梁支配型	1.5	-	-	-	
1階	極耐力柱	0.8	6733	91	16	7388
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲げ梁支配型	2.0	666	9	2	
	せん断梁支配型	1.5	-	-	-	

Y方向		F	Q(kN)	分担率(%)	部材数	Q <sub>u</sub> (kN)
3階	極耐力柱	0.8	-	-	-	2626
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲げ梁支配型	1.0	1274	49	5	
	曲げ梁支配型	1.5	1352	51	13	
2階	極耐力柱	0.8	-	-	-	3267
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲げ梁支配型	1.0	2049	63	5	
	曲げ梁支配型	1.5	1218	37	13	
1階	極耐力柱	0.8	-	-	-	5193
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲げ梁支配型	1.0	2675	52	13	
	曲げ梁支配型	1.5	2518	48	5	

表4 X, Y方向診断結果

方向	階	E <sub>0</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>r</sub> S <sub>b</sub>	I <sub>so</sub>	Q <sub>u</sub> (kN)	ΣW(kN)	B <sub>i</sub>	q
X	3	2.36	0.98	2.31	1.81	0.68	4119	3634	2.035	3.03
	2	0.44	0.98	0.43	0.64		4196	6753	1.241	2.02
	1	0.68	0.98	0.67	0.79		7388	9873	1.00	2.77
Y	3	0.47	0.98	0.46	0.56	0.68	2626	3634	2.035	2.07
	2	0.37	0.98	0.36	0.44		3267	6753	1.241	1.60
	1	0.48	0.98	0.48	0.53		5193	9873	1.00	1.95

降伏型のメカニズムであるが、かつ梁の曲げ降伏も小さいためI<sub>s</sub>値も小さくなった。

構造耐震指標I<sub>s</sub>値は、1階が0.67、2階が0.43、3階が2.31となり1・2階は構造耐震判定指標I<sub>so</sub>値0.68を下回っており、危険であるといえる。また、本建物はX方向1・2階が「耐震性能の判定(2)」では、「倒壊の危険性

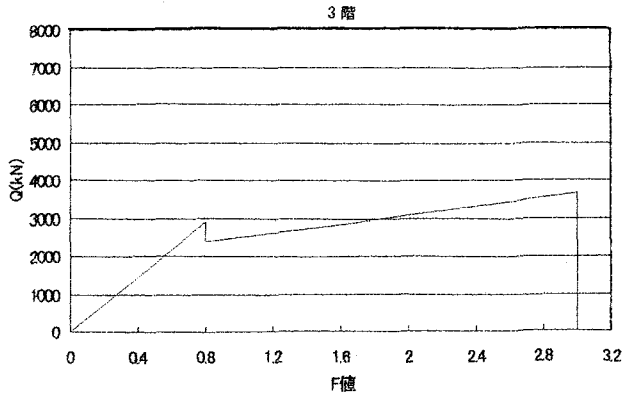
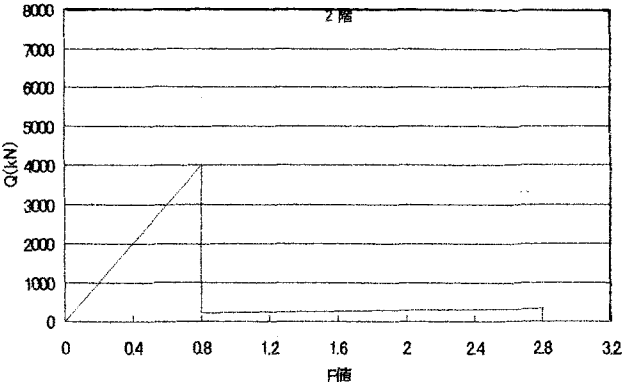
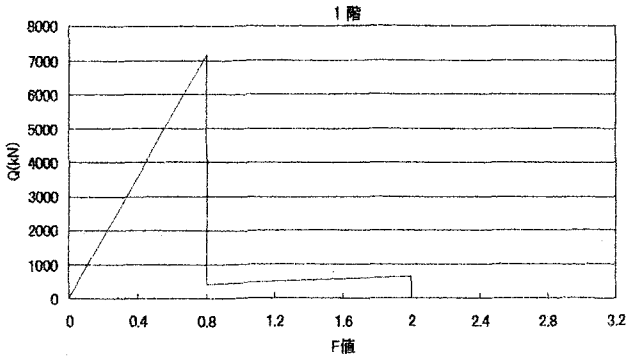


図4 Q-F関係図(X方向)

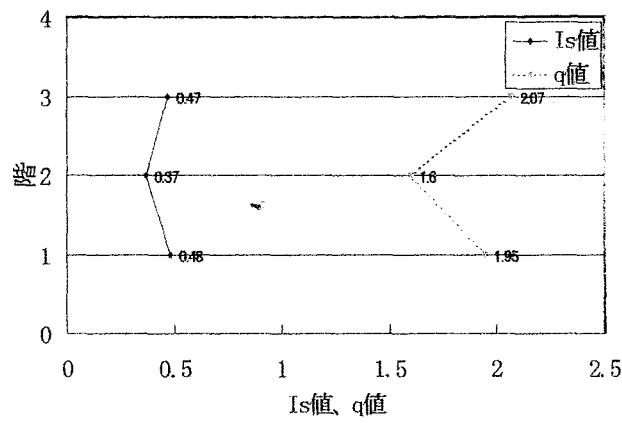


図9 Is値とq値(Y方向)

§ 5 耐震性向上のための対策について

5.1 X方向のスリット導入対策について

(a) スリット導入について

本建物は階高が2.7mと低く腰壁があるため1,2階ではほぼ全ての柱が極脆性柱となっており、靱性指標が小さくなりIs値が低くなったと考えられる。そのため、腰壁と柱の接合部にスリットを入れることにより、これらの柱を曲げ柱として靱性指標を大きくし、Is値を大きくして耐震性能の向上を図ることとする。

(b) スリット導入時の診断結果と考察

表5 部材別耐力表

X方向		F	Q(kN)	分担率(%)	部材数	Q <sub>u</sub> (kN)
3階	極脆性柱	0.8	-	-	-	4196
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	524	12	2	
	曲梁端型	3.0	3672	88	16	
	せん断梁端型	1.5	-	-	-	
2階	極脆性柱	0.8	-	-	-	4119
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	3793	92	16	
	曲梁端型	2.8	326	8	2	
	せん断梁端型	1.5	-	-	-	
1階	極脆性柱	0.8	-	-	-	7388
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	6733	91	16	
	曲梁端型	2.0	655	9	2	
	せん断梁端型	1.5	-	-	-	

表6 スリット導入時診断結果

E <sub>0</sub>	T	Is	C <sub>r</sub> S <sub>D</sub>	Iso	Q <sub>u</sub> (kN)	ΣW(kN)	B <sub>i</sub>	q
2.36	0.98	2.31	0.68	0.68	4196	3634	2.035	3.03
0.57	0.98	0.56	0.49		4119	6753	1.241	2.02
0.88	0.98	0.86	0.75		7388	9873	1.00	2.77

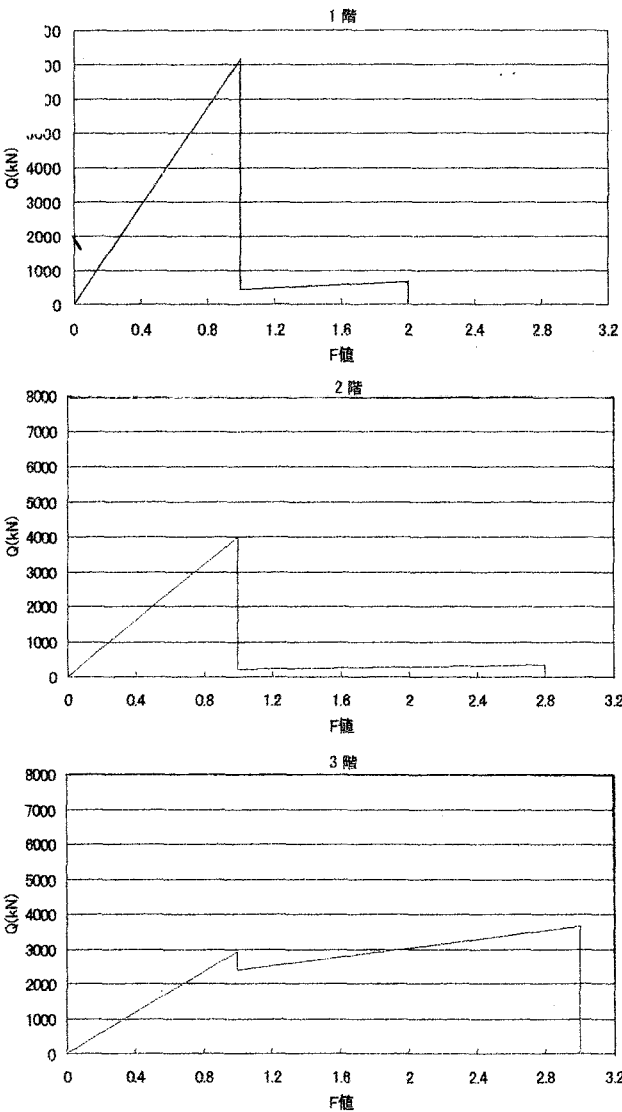


図10 Q-F関係図

診断の結果を表5, 6に、Q-F関係図を図10に示す。

(1) Is値について

E<sub>0</sub>は1階で0.88, 2階で0.57, 3階で2.36であった。また、Isは1階で0.86, 2階で0.56, 3階で2.31であった。

(2) Iso値について

式(6)より、Iso=0.68であった。また、C<sub>r</sub>S<sub>D</sub>は、1階で0.75, 2階で0.49, 3階で0.68であり式(7)を満足していた。

(3) q値について

Q<sub>u</sub>は1階で7388kN, 2階で4119kN, 3階で4196kNであつ

た。また、 $q$ は1階で3.30、2階で2.02、3階で2.77であった。

#### (4) 耐震性能について

$I_s$ 値と $q$ 値の結果を図11に示す。

保有水平耐力に関する指標 $q$ の最小値は、2階で2.02となっており、目標1.0をすべての階で満足している。崩壊メカニズムは、梁が柱より先に曲げ降伏を起こすため、梁降伏型のメカニズムである。

構造耐震指標 $I_s$ 値は、1階が0.86、2階が0.56、3階が2.31となり2階は構造耐震判定指標 $I_{so}$ 値0.68を下回っており、なお多少危険であるといえるが、耐震性能

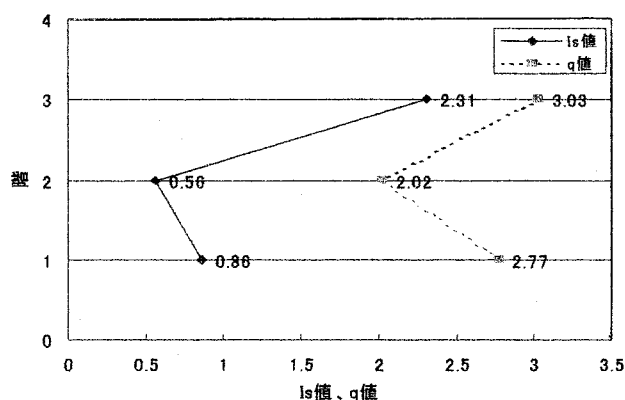


図11.  $I_s$  値と  $q$  値

がある程度改善されたといえる。

## 5. 2 X 方向のブレースの配置による対策

### (a) ブレースの配置について

診断の結果、 $I_s$ 値が小さく補強が不可欠であることが明らかとなった。そこで、図12のようにX方向ラーメン

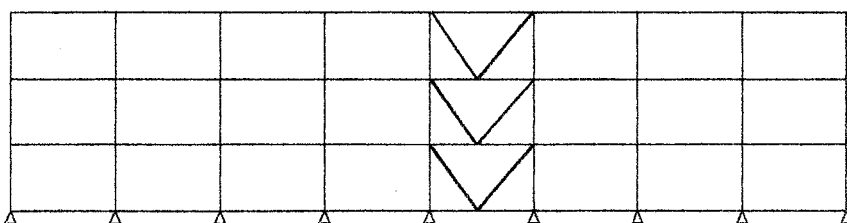


図12 連層ブレース(A, B ラーメン)

に連層ブレースを配置し診断を行った。

補強ブレース  $\phi 190.7 \times 8.0$   
 補強フレーム RH  $200 \times 200 \times 8 \times 12$   
 (SM490) RH  $294 \times 200 \times 8 \times 12$   
 BH  $294 \times 200 \times 28 \times 16$

### (b) ブレース配置時の診断結果と考察

診断の結果を表7, 8に、 $Q$ - $F$ 関係図を図13に、崩壊

表7 部材別耐力表

	X方向	F	Q(kN)	分担率(%)	部材数	$Q_u$ (kN)
3階	補強柱	0.8	524	10	2	5071
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲梁支型	3.0	2622	52	12	
	回転壁(ブレース)	1.5	1925	38	2	
2階	補強柱	0.8	2760	45	12	6181
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲梁支型	2.8	236	5	2	
	回転壁(ブレース)	1.5	3005	50	2	
1階	補強柱	0.8	4980	51	12	9674
	せん断柱	1.0	-	-	-	
	曲げ柱	1.0	-	-	-	
	曲梁支型	2.0	655	7	2	
	回転壁(ブレース)	1.5	4040	42	2	

表8 ブレース補強後の診断結果

階	$E_0$	T	$I_s$	$C_i S_0$	$I_{so}$	$Q_u$ (kN)	$\Sigma W$ (kN)	$B_i$	q
3	1.76	0.98	1.76	1.81	0.68	5071	3634	2.035	3.99
2	0.71	0.98	0.70	0.64		6181	6753	1.241	3.03
1	0.88	0.98	0.88	0.79		9674	9873	1.00	3.63

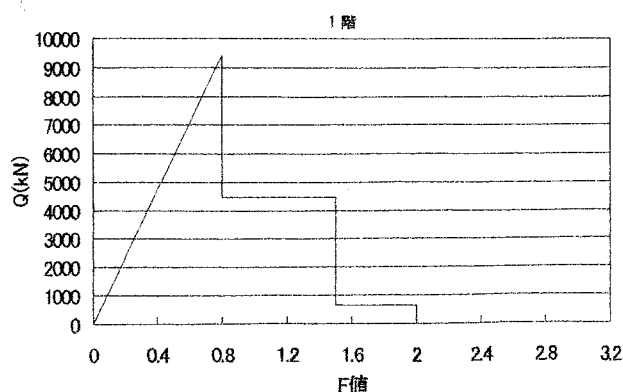
メカニズムを図14に示す。

#### (1) $I_s$ 値について

$E_0$ は1階で0.88、2階で0.71、3階で1.76であった。また、 $I_s$ は1階で0.88、2階で0.70、3階で1.76であった。

#### (2) $I_{so}$ 値について

式(6)より、 $I_{so}=0.68$ であった。また、 $C_i S_0$ は、1階で0.79、2階で0.64、3階



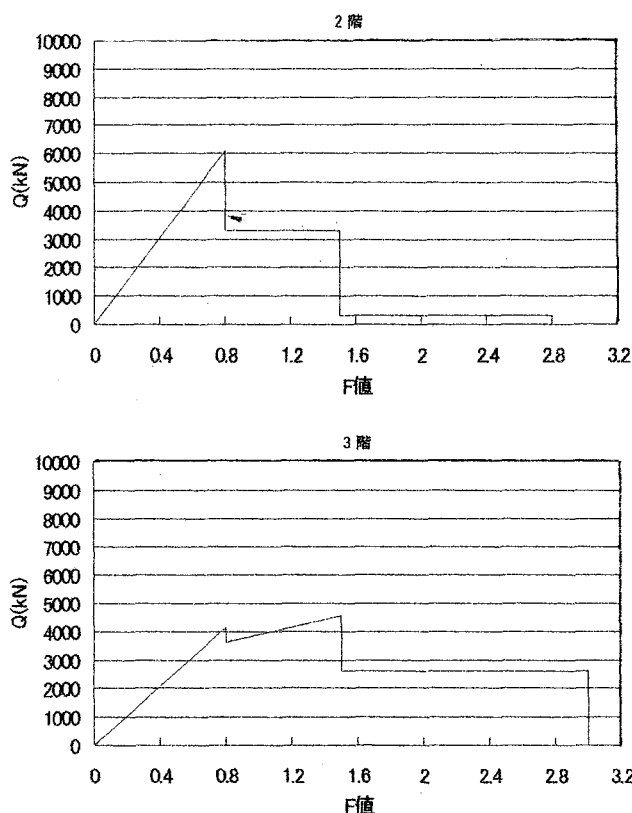


図13 Q-F関係図

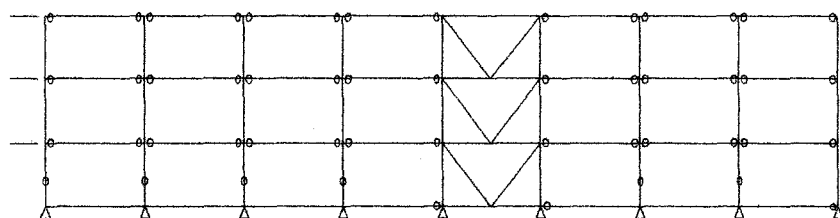


図14 崩壊メカニズム(A, B ラーメン)

で1.81であり式(7)を満足していた。

#### (3) q値について

$Q_u$ は1階で9674kN, 2階で6181kN, 3階で5071kNであった。また, qは1階で3.63, 2階で3.03, 3階で3.99であった。

#### (4) 耐震性能について

$I_s$ 値とq値の結果を図15に示す。

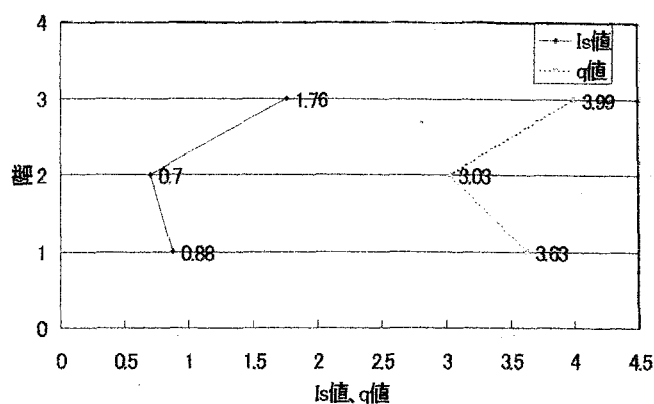
保有水平耐力に関する指標qの最小値は, 2階で3.03となっており, 目標1.0をすべての階で満足している。

破壊メカニズムは, ブレース部分が回転を起こすため基礎の浮き上がりであった。

構造耐震指標 $I_s$ 値は, 1階が0.88, 2階が0.70, 3階が1.76となり全ての階で構造耐震判定指標 $I_{so}$ 値0.68を上回っているため安全であるといえる。

### 5.3 Y方向の対策

Y方向は, 全ての階で層せん断力 $Q_u$ が小さく, さらに,

図15  $I_s$ 値とq値

靱性指数Fも小さく補強が必要であった。そのため, 連続繊維シートなどで靱性指数Fを1.5まで増加させたとき,  $I_s$ 値は1階で0.81, 2階で0.58, 3階で0.71となり, さらに, 耐震壁を2カ所追加したとき $I_s$ 値は1階で0.98, 2階で0.78, 3階で0.88となり耐震性能は改善された。

## § 6 まとめ

本研究による結果から以下のことが明らかとなった。

- 1) 本建物は, 第3次診断の結果からX方向の1, 2階, Y方向の全ての階が, 3.3(c)耐震性能の判定の「地震の震動及び衝撃に対して倒壊し, または崩壊する危険性がある。」にあたり, 補強が必要であることが分かった。
- 2) スリットの導入により柱の靱性指標を改善することにより建物の耐震性能が向上することが分かった。
- 3) ブレース配置によりX方向の耐震性能は改善された。
- 4) 連続繊維シートで靱性指数Fを増加させ, さらに, 耐震壁を2カ所追加することによりY方向の耐震性能は改善された。

○曲げ降伏

## 参考文献

- 1) 日本建築防災協会:2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準
- 2) 建設省告示第2089号:特定建築物の耐震診断及び耐震診断に関する指針

# 2001年芸予地震による鉄筋コンクリート造建物の変形と エクスパンションジョイントの被害

(総合教育技術室) 中山 善敬

(建築学科) 門前 勝明

## Deformation of Reinforced Concrete Building and Damage of Expansion Joint during the 2001 Geiyo Earthquake

(Technical Staff) Yoshitaka NAKAYAMA

(Department of Architecture and Structural Engineering) Katsuaki MONZEN

### Abstract

Many reinforced concrete school buildings in the big earthquake acceleration observation area suffered contact or collision damage of expansion joint during the 2001 Geiyo Earthquake. With a purpose of finding the appropriate clearance of expansion joint for reinforced concrete building, the clearances of expansion joint for the school buildings which suffered collision damage during the 2001 Geiyo Earthquake were investigated. From the clearances of expansion joint which suffered damage, the deformation of reinforced concrete building subjected earthquake is examined. So we conducted the questionnaire survey to the elementary school of Hiroshima Prefecture southern part about the existence of expansion joint and the damage of school buildings by the earthquake.

**Key Words:** the 2001 Geiyo Earthquake, damage of expansion joint, deformation of reinforced concrete building subjected earthquake

2001年芸予地震、エクスパンションジョイントの被害、鉄筋コンクリート造建物の地震による変形

### § 1 はじめに

2001年芸予地震において、呉市をはじめ大きな地震加速度が観測された地域にある鉄筋コンクリート造校舎のエクスパンションジョイント(校舎と校舎、校舎と2階以上の渡り廊下の間にある隙間部分)の多くで接触・衝突被害を受けた。被害を受けたエクスパンションジョイントの間隔から、鉄筋コンクリート造建物の芸予地震による変形を推定する方法が考えられる。この研究では、広島県南部における市町村の鉄筋コンクリート造校舎について、接触・衝突被害を受けたエクスパンションジョイントの間隔から、芸予地震によって鉄筋コンクリート造建物に生じた変形を推定することを目的とする。

### § 2 研究の方法

① 地震発生時の関係者の移動などにより被害の把握が困難になるため、出来るだけ早く地震による被害の情報を入手しておく必要がある。このため、事前に小学校へ調査目的を説明したファックスを送り、数日後に電話にてエクスパンションジョイント(以下 Exp.J と略記する)の有無、芸予地震による校舎等の被害について調査して、少しでも多くの小学校の被害を把握した。

② ①の結果を踏まえた上で、各市町村教育委員会等による別の報告書があれば参考にして、電話による聞き取り調査を把握した。

③ 実観測地震を模擬した人工地震波を作成して、地震時における建物の変形と建物間隔を推定し、実際の被害と比較してシミュレーション結果が合っていることを確かめる。その上で、シミュレーション結果を用いて地震時の建物の変形を推定した。

### § 3 電話による聞き取り調査結果

広島県南部における表1の地区の学校に電話による聞き取り

表1 調査校数

	FAX送信	回答有	回答率
(A) 広島市	136	136	100.0%
(B) 呉市周辺	49	47	95.9%
(C) 西条・黒瀬	49	42	85.7%
(D) 佐伯・大竹	30	29	96.7%
(E) 三原・竹原	40	37	92.5%
(F) 尾道・福山	60	58	96.7%
計	364	349	95.9%

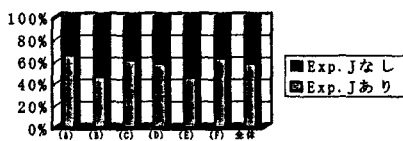


図1 エクスパンションジョイントの有無の割合(地域別)

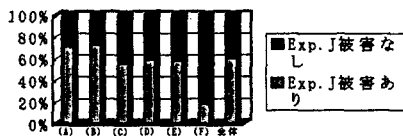


図2 エクスパンションジョイントへの被害の有無の割合(地域別)

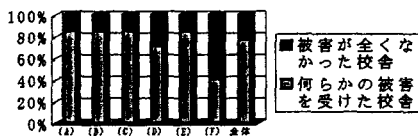


図3 建物への何らかの被害の有無の割合(地域別)

調査を行った。調査結果を付表に、調査結果の比較を図1(Exp.Jの有無の割合)、図2(Exp.Jの被害の割合)、図3(建物の被害の有無の割合)にそれぞれ示す。Exp.Jのある学校は都市部に多いと予測されるが、図1より全体に対する比率は場所による差はほとんどなく、約半数であることが分かる。また、図2より、Exp.Jへの被害は、呉・広島地区で約70%、その周辺地域で約50%であり、震源から離れている福山・尾道でも約20%の学校で被害があったことも分かる。その他の被害についても、図3から分かるように広島県南部のほぼ全域で約70%の学校で何らかの被害があり、震源から離れている福山・尾道においても約40%の被害があった。

地図上において正確な緯経度座標に点をプロットして被害分布を知るために、数値地図25000(広島)、数値地図25000(岡山及丸亀)から敷地の中央の緯経度を求め、被害状況別に点を地図上にプロットした。こうして作成した被害分布マップのうち、Exp.Jがある学校の被害分布を図4に示す。これより、特に広島、呉周辺でExp.Jの被害が多かったことが分かる。

### § 4 地震応答解析による検証

#### 4.1 地震波の作成

地震応答解析結果を、統計的に処理する目的で、観測結果から模擬(人工)地震波を作成した。なお地震波は、図5に示す芸予地震で最も被害の大きかった広島県呉市のK-NETによるEW成分の記録について検討した。

まず人工地震波の作成条件として、人工地震波のフーリエスペクトル振幅は、原波形のフーリエスペクトルと等しくする。位相角は、大崎の位相差分による方法を利用した<sup>1)</sup>。地震波形は50波とした。こうして作成した地震波の一例を図6に示す。

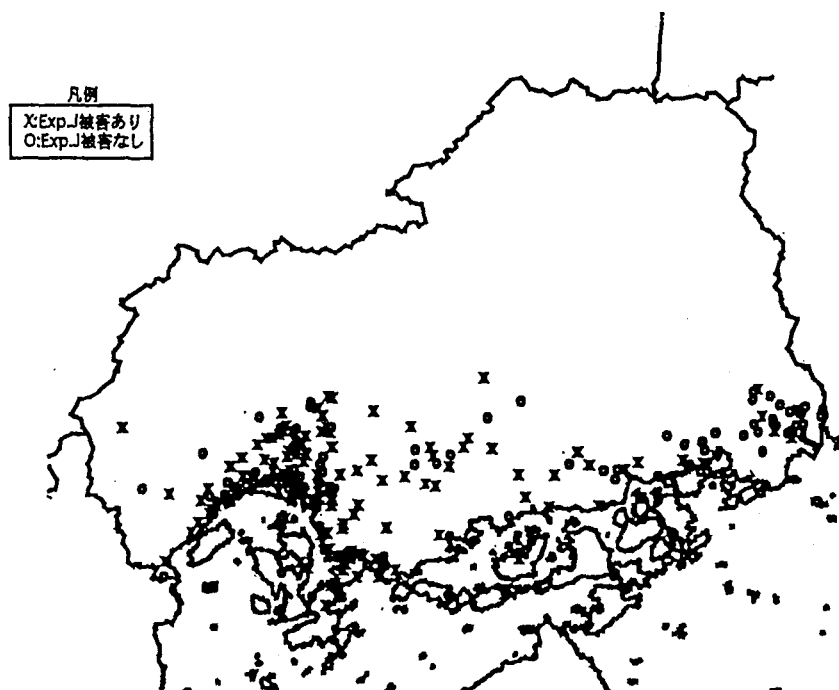


図4 エクスパンションジョイントへの被害分布マップ

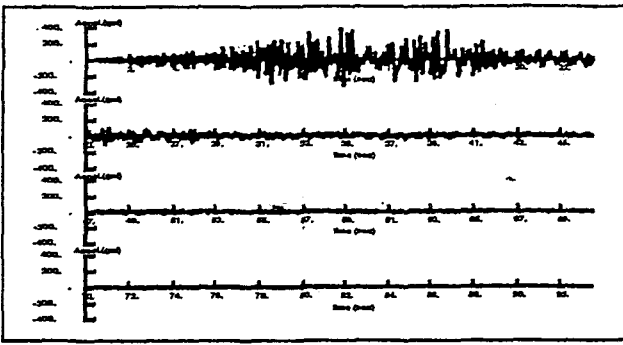


図5 呉市で記録された地震波形(K-NET)

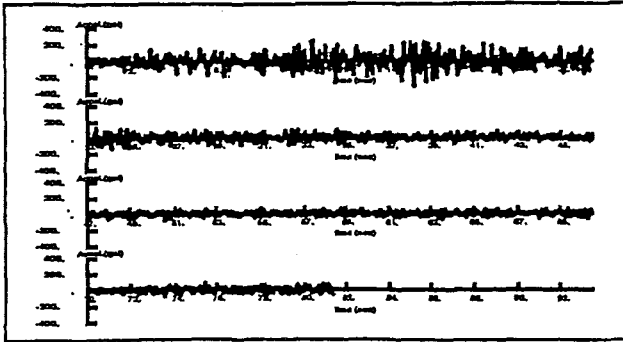


図6 人工地震波形

50 波分の最大加速度の平均は 331.973gal で、実測値の最大加速度 345.154gal と比較して同じくらいである。また、最大加速度の発生位置は人工地震波形と原波形共にほぼ等しいが、観測記録のエネルギー(加速度の 2 乗)分布は人工地震のエネルギーが全体に分散しているのに対して主要動付近に集中している。このため、減衰のある建物に対する地震応答結果は、人工地震波の方が観測記録よりも小さくなる可能性が高い。

#### 4.2 検討する建物のモデル

鉄筋コンクリート造 3,4 階の建物について、表 2 のような組み合わせで地震応答解析を行った。なお固有周期  $T$  は建物の地盤面からの高さを 0.02 倍<sup>9)</sup>して求め、いずれの建物にも同じ地震波が作用するものとした。

建物のモデルは、建物の 1 次固有振動形が逆三角形分布のモデル(図 7(a))と各階のばね定数が等しいモデル(図 7(b))の 2 種類とした。

#### 4.3 地震による衝突を避けるために必要な建物間隔

建物の並ぶ左右の順序は不同で、図 8(a)や(b)のような変形

表 2 建物の組み合わせ

	建物組み合わせ	建物 A(周期)	建物 B(周期)
①	3 層-3 層	$T$	$0.9T$
②		$T$	$1.1T$
③		$0.9T$	$1.1T$
④	4 層-4 層	$T$	$0.9T$
⑤		$T$	$1.1T$
⑥		$0.9T$	$1.1T$
⑦	3 層-4 層	$T$	$T$

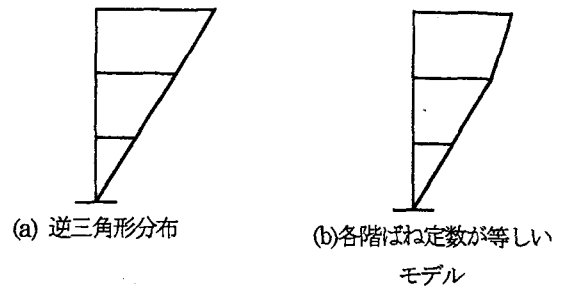


図7 建物のモデルの 1 次固有モード

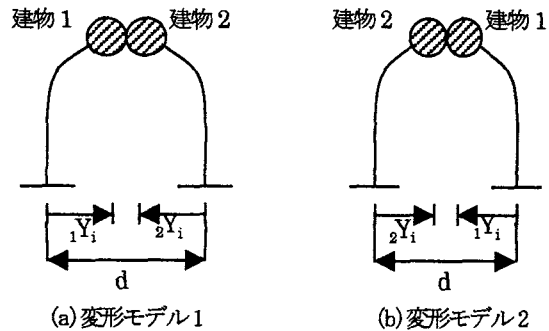


図8 建物の変形の組み合わせ

を考える。地震応答解析を行うことで建物の相対変位を求めることができるため、2 つの建物の相対変位の差の絶対値の最大以上に建物間隔をとっておくならば衝突は生じないと考えることができる。したがって、次の式で表すことができる。

$$d \geq |Y_1 - Y_2|_{\max} = \Delta Y_i$$

ここに  $Y_i$ : 1 つ目の建物の  $i$  層の相対変位

$2Y_i$ : 2 つ目の建物の  $i$  層の相対変位

$\Delta Y_i$ : 地震による衝突を避けるために必要な  $i$  階での間隔(以後必要建物間隔と言う)

地震応答解析結果より、必要建物間隔  $\Delta Y_i$  の分布は 1 次振動形と等しくなることが分かった。また、必要建物間隔の平均  $\Delta \bar{Y}_i$  の標準偏差は、 $\Delta \bar{Y}_i$  の 20%程度と考えてよく、 $\Delta Y_i$  は平均の 1.2 倍あれば約 9 割は衝突を避けられ、逆に平均の 0.8 倍程度では約 9 割が衝突することが分かった。

次に、個々の応答の最大値は応答スペクトルなどから求めることができるので、これらの値を用いて  $\Delta \bar{Y}_i$  を推定する試みをした。次の  $\alpha$  の値がいくらになるかを求めた。

$$\alpha = \frac{|Y_1 - 2Y_2|_{\max}}{(Y_1)_{\max} + 2(Y_2)_{\max}}$$

求めた結果  $\alpha$  は 0.41~0.74 となった。既往の研究<sup>9)</sup>においても 5 層同士の組み合わせで  $\alpha=0.815$  であり、建物の組み合わせでかなり変動した値となることが知れた。

#### 4.4 実被害との比較

シミュレーションによる必要建物間隔と実際に被害を受けた建物間隔を比較すると、シミュレーションによる結果が実際の

被害より小さい。この原因として、人工地震のエネルギーが観測記録のエネルギーが主要動付近に集中しているのに比べて全体に分散していることや、K-NETによる観測地震波よりも強い地震波が建物に作用した可能性、梁などにクラックなどが入ったりもともと建物の周期が大きかったりすることにより実際の周期がシミュレーションよりもっと大きかった可能性などが考えられる。このように、シミュレーション結果と実被害との間には差があり、シミュレーション結果から変形角を推定することが出来ないため、解析結果より求まる $\alpha$ を用いて変形角を推定することにする。 $\alpha$ の値は0.41~0.74とばらつきがあったため、このうち最大と最小である $\alpha=0.45$ 、0.75を用いて検討する。昨年度呉市で実測したExp.Jの間隔<sup>9)</sup>のうち6cmのものはジョイント部に被害を受けており、この建物の場合、建物高さを10mとすると $\alpha=0.45$ において変形角 $R=1/150(\text{rad})$ 、 $\alpha=0.75$ において $R=1/250(\text{rad})$ となる。 $\alpha$ を用いて求めた変形角で最大のものは、AG中学校の $R=1/145(\text{rad})$ であった。これより、この地震において建物には $R=1/150(\text{rad})$ 以下の変形が生じたものと考えられる。実験から、耐震壁では $R=1/250(\text{rad})$ 位で最大耐力に達し、ラーメン部分では $R=1/150(\text{rad})$ 位で鉄筋が降伏するほどの被害と予想されるが、実際の建物への被害は実験に比べて少し軽微である。このため、 $\alpha$ の値は0.45よりも大きい可能性が考えられる。

## § 5 まとめ

芸予地震による被害についてこの研究から分かったことをまとめると次のようになる。

1) エキスパンションジョイントの有無の割合は地域によってあまり差はなく、エキスパンションジョイントへの被害も、福山・尾道で20%位あり、その他の県南部地域でも半数近い割合でエキスパンションジョイントに被害があった。その他の被害についても、ほぼ県南部全域のかんりの学校で建物に何らかの被害を受けた。

2) 個々の建物の最大値から必要建物間隔 $\Delta Y_i$ を推定する試みとして、 $\Delta Y_i = \alpha(Y_{1max} + Y_{2max})$ で表される $\alpha$ を求めた。 $\alpha$ は0.41~0.74となり、建物の組み合わせでかなり変動した値となる。

3) エキスパンションジョイントの衝突による被害とシミュレーション結果を比較することによって、建物に作用した地震波は今回作成した地震波よりももう少し大きかったと考えられる。

4)  $\alpha$ を使ってエキスパンションジョイントの間隔から地震時の建物の最大変形角を求めると $1/145(\text{rad})$ となり、この地震において建物に $1/150(\text{rad})$ の変形が生じたものと考えられる。

## 謝辞

本研究を行うにあたりまして、広島県364校の小学校に電話による聞き取り調査を行った。お世話になりました各校の校長先生、教頭先生、事務員の方々、また電話をとりついで下さいました教職員の方々に厚く御礼申し上げます。

なお、本研究の地震応答解析において、K-NETによる芸予地震の呉の記録を使用させていただいた。深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、2002年3月30日
- 2) 柴田明徳：最新 耐震構造解析、森北出版、1981年6月26日
- 3) 昭和55年11月27日建設省告示第1793号
- 4) 泉信一 他：共立 数学公式附函数表 改訂増補、共立出版、1991年10月20日
- 5) 八尋絹恵、室重行、向井智久、野村設郎：RC構造物の最適Exp.Jの算出に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、2000年9月
- 6) 門前勝明、部谷悠也、藤川大史：2001年芸予地震による鉄筋コンクリート造建物の変形、呉工業高等専門学校研究報告、第64号、2002年8月

付表 広島県南部における小学校のエキスパンションジョイントへの被害状況

学校名	Exp.J状態	被害	学校名	Exp.J状態	被害	学校名	Exp.J状態	被害	学校名	Exp.J状態	被害
広島市中区			広島市東区			OZ小学校	無し		MS小学校	校舎～廊下	有り
HS小学校	校舎～校舎	無し	FK小学校	有り	有り	AS小学校	無し		広島市西区		
MM小学校	校舎～校舎	有り	KN小学校	有り	無し	DB小学校	有り	無し	OS小学校	無し	
NM小学校	無し		NS小学校	有り	無し	HJ小学校	無し		MM小学校	無し	
FM小学校	無し		HS小学校	校舎～階段	有り	MmM小学校	有り	無し	TM小学校	有り	有り
TY小学校	校舎～校舎	有り	HJ小学校	校舎～校舎	有り	MdM小学校	有り	無し	KN小学校	校舎～校舎	有り
SD小学校	有り	有り	TJ小学校	無し		OK小学校	無し		MK小学校	有り	無し
NS小学校	有り	有り	NY小学校	不明		OG小学校	有り	無し	KI小学校	有り	有り
YH小学校	有り	無し	US小学校	無し		NH小学校	無し		KH小学校	無し	
YJ小学校	無し		WS小学校	校舎～校舎	有り	KN小学校	有り	有り	YD小学校	有り	無し
HS小学校	無し		UD小学校	無し		UH小学校	校舎～廊下	有り	FT小学校	有り	無し
HK小学校	有り	無し	ON小学校	不明		UJ小学校	有り	無し	KG小学校	校舎～階段	有り
KZ小学校	有り	不明	YG小学校	無し		MU小学校	校舎～廊下	有り	KT小学校	校舎～廊下	有り
FI小学校	有り	無し	広島市南区			NS小学校	校舎～階段	有り	SG小学校	校舎～校舎	有り
EB小学校	有り	有り	KJ小学校	無し		NG小学校	校舎～廊下	有り	IK小学校	校舎～校舎	有り

付表 広島県南部における小学校のエキスパンションジョイントへの被害状況（続き）

学校名	Exp.J 状態	被害	学校名	Exp.J 状態	被害	学校名	Exp.J 状態	被害	学校名	Exp.J 状態	被害
IM 小学校	無し		HU 小学校	有り	有り	KY 小学校	無し		KH 小学校	校舎～屋体	無し
KU 小学校	校舎～校舎	有り	HN 小学校	無し		TK 小学校	有り	有り	KI 小学校	無し	
ID 小学校	有り	無し	KM 小学校	有り	無し	KJ 小学校	無し		SZ 小学校	校舎～給食	有り
TS 小学校	無し		KK 小学校	有り	有り	KY 小学校	校舎～校舎	無し	SU 小学校	校舎～校舎	有り
FD 小学校	無し		MH 小学校	校舎～校舎	有り	NK 小学校	無し		SN 小学校	無し	
広島市安佐南区			広島市安芸区			GB 小学校	無し		TS 小学校	有り	有り
YG 小学校	無し		SN 小学校	有り	有り	RJ 小学校	有り	有り	TN 小学校	有り	無し
MI 小学校	無し		NH 小学校	有り	有り	MM 小学校	廊下～校舎	有り	NN 小学校	有り	有り
KU 小学校	校舎～廊下	有り	NN 小学校	無し		YU 小学校	屋体～校舎	有り	NS 小学校	校舎～校舎	無し
NS 小学校	有り	有り	HK 小学校	有り	有り		廊下～校舎		NT 小学校	校舎～階段	無し
FI 小学校	有り	有り	AD 小学校	校舎～廊下	有り	OH 小学校	無し		NtN 小学校	無し	
OM 小学校	校舎～廊下	有り	FK 小学校	校舎～校舎		TN 小学校	有り	有り	NH 小学校	不明	
BS 小学校	有り	無し	YnN 小学校	有り	有り	SN 小学校	有り	有り	FK 小学校	無し	
YH 小学校	校舎～校舎	有り	YN 小学校	有り	有り	SH 小学校	無し		MN 小学校	不明	
KY 小学校	校舎～廊下	有り	YM 小学校	有り	有り	ST 小学校	無し		MH 小学校	南校舎	有り
YS 小学校	校舎～廊下	有り	広島市佐伯区			SM 小学校	無し		YH 小学校	不明	
YK 小学校	有り	無し	IU 小学校	無し		SK 小学校	廊下～校舎	有り	尾道市		
YN 小学校	校舎～廊下	有り	KU 小学校	無し		JJ 小学校	無し		KB 小学校	不明	
GO 小学校	校舎～廊下	有り	YH 小学校	無し		NS 小学校	無し		NE 小学校	有り	無し
YM 小学校	校舎～校舎	有り	YhH 小学校	校舎～廊下	有り	AG 中学校	有り	無し	TD 小学校	校舎～校舎	有り
NT 小学校	無し		IkN 小学校	有り	無し	KY 中学校	無し		KH 小学校	校舎～校舎	不明
HR 小学校	有り	不明	IK 小学校	校舎～廊下	有り	KG 中学校	有り	有り	YW 小学校	無し	
HM 小学校	校舎～校舎	有り	ST 小学校	校舎～廊下	有り	GB 中学校	無し		SB 小学校	校舎～校舎	有り
TY 小学校	無し		MS 小学校	校舎～校舎	有り	SK 中学校	有り	有り	HY 小学校	無し	
TM 小学校	校舎～廊下	有り	IT 小学校	無し		SW 中学校	無し		HB 小学校	無し	
BR 小学校	無し		IK 小学校	校舎～校舎	有り	ST 中学校	有り	無し	MN 小学校	校舎～廊下	無し
TH 小学校	有り	有り	IH 小学校	有り	無し	TN 中学校	有り	有り	KG 小学校	無し	
NN 小学校	校舎～廊下	有り	IM 小学校	有り	不明	NH 中学校	有り	有り	KN 小学校	屋体～校舎	無し
OT 小学校	校舎～校舎	有り	RR 小学校	有り	無し	NK 中学校	有り		KH 小学校	無し	
広島市安佐北区			FN 小学校	校舎～校舎	有り	NG 中学校	無し		HD 小学校	無し	
IB 小学校	無し		AG 小学校	校舎～校舎	有り	HH 中学校	有り	有り	TS 小学校	校舎～校舎	無し
SY 小学校	無し		呉市			HT 中学校	有り	有り	NF 小学校	校舎～校舎	無し
KN 小学校	無し		NG 小学校	有り	有り	MH 中学校	無し		MS 小学校	無し	
MT 小学校	校舎～階段	有り	KT 小学校	無し		YR 中学校	有り	有り	US 小学校	無し	
KK 小学校	無し		NH 小学校	校舎～校舎	有り	YU 中学校	無し		TZ 小学校	無し	
FK 小学校	有り	無し	ST 小学校	有り	無し	RJ 中学校	有り?		MH 小学校	校舎～廊下	無し
KZ 小学校	有り	有り	HR 小学校	有り	有り	WS 中学校	有り	有り	KK 小学校	無し	
MG 小学校	無し		MS 小学校	校舎～校舎	無し	竹原市			福山市		
OH 小学校	校舎～校舎	有り		廊下～校舎		TN 小学校	無し		HG 小学校	無し	
OA 小学校	無し		GH 小学校	有り	有り	OoN 小学校	有り	有り	NS 小学校	校舎～廊下	無し
KH 小学校	無し		YR 小学校	廊下～校舎	有り	ONs 小学校	無し		MN 小学校	無し	
KT 小学校	無し		AG 小学校	有り	無し	SN 小学校	校舎～階段	有り	KS 小学校	校舎～廊下	無し
OB 小学校	無し		HR 小学校	廊下～校舎	有り	TH 小学校	無し		KG 小学校	校舎～廊下	不明
MI 小学校	校舎～校舎	有り	DN 小学校	有り	有り	TN 小学校	無し		TS 小学校	校舎～廊下	無し
KB 小学校	有り	有り	NG 小学校	無し		TH 小学校	無し		FT 小学校	無し	
KbM 小学校	有り	有り	KG 小学校	有り	無し	TM 小学校	無し		JT 小学校	校舎～廊下	無し
KY 小学校	有り	無し	NB 小学校	無し		ND 小学校	校舎～校舎	有り	IZ 小学校	校舎～廊下	有り
KyM 小学校	校舎～廊下	有り	TU 小学校	有り	有り	NG 小学校	無し		AS 小学校	有り	有り
SH 小学校	無し		MH 小学校	有り	不明	HN 小学校	無し		HK 小学校	校舎～廊下	有り
OG 小学校	無し		WS 小学校	校舎～校舎	有り	YN 小学校	有り	無し	HN 小学校	無し	
IM 小学校	無し		HD 小学校	廊下～校舎	有り	三原市			ZO 小学校	校舎～校舎	無し
KT 小学校	無し		NS 小学校	無し		IZ 小学校	無し		SD 小学校	校舎～廊下	無し
TS 小学校	無し		AZ 小学校	有り	有り	OS 小学校	校舎～校舎	有り	MY 小学校	校舎～廊下	無し

付表 広島県南部における小学校のエキスパンションジョイントへの被害状況(続き)

学校名	Exp.J 状態	被害	学校名	Exp.J 状態	被害	学校名	Exp.J 状態	被害	学校名	Exp.J 状態	被害			
TG 小学校	校舎～廊下	無し	MK 小学校	有り	無し	HG 小学校	無し		KN 小学校	校舎～校舎	無し			
AS 小学校	校舎～校舎	無し	廿日市市			下蒲刈町(呉市)			本郷町					
ST 小学校	校舎～廊下	無し	HK 小学校	有り	無し	SK 小学校	無し		KG 小学校	無し				
KN 小学校	校舎～校舎	無し	HeR 小学校	無し		蒲刈町			FK 小学校	無し				
MN 小学校	無し	無し	HaR 小学校	有り	有り	KG 小学校	有り	無し	HG 小学校	校舎～廊下	無し			
MS 小学校	不明		MU 小学校	無し		MK 小学校	無し		MG 小学校	校舎～校舎	有り			
HJ 小学校	無し		JG 小学校	有り	有り	大野町			安芸津町					
OT 小学校	校舎～廊下	無し	SG 小学校	校舎～廊下	無し	OH 小学校	校舎～校舎	有り	OT 小学校	無し				
KG 小学校	校舎～廊下	無し	AH 小学校	有り	有り	ON 小学校	校舎～校舎	不明	KH 小学校	無し				
HG 小学校	校舎～廊下	無し	AN 小学校	校舎～校舎	有り	湯来町			KD 小学校	無し				
MN 小学校	無し		KG 小学校	有り	無し	YM 小学校	有り	有り	KM 小学校	無し				
KE 小学校	無し		MZ 小学校	校舎～校舎	無し	YH 小学校	無し		MT 小学校	無し				
AB 小学校	校舎～廊下	無し	SK 小学校	校舎～廊下	有り	YN 小学校	無し		安浦町					
TJ 小学校	無し		府中町			佐伯町(廿日市市)			AT 小学校	無し				
FS 小学校	無し		FT 小学校	有り	有り	KJ 小学校	無し		UU 小学校	校舎～廊下	有り			
SN 小学校	無し		FM 小学校	有り	無し	YW 小学校	有り	有り	NN 小学校	無し				
MY 小学校	校舎～校舎	無し	FC 小学校	有り	無し	TD 小学校	校舎～校舎	無し	NH 小学校	無し				
EY 小学校	校舎～廊下	有り	FH 小学校	不明		AH 小学校	無し		MG 小学校	校舎～廊下	無し			
MO 小学校	校舎～廊下	無し	FK 小学校	有り	無し	吉和村			川尻町					
NH 小学校	校舎～廊下	不明	海田町			YW 小学校	校舎～廊下	有り	KJ 小学校	無し				
SG 小学校	校舎～校舎	有り	KT 小学校	有り	無し	宮島町			豊島町					
HY 小学校	校舎～廊下	不明	KH 小学校	無し		MJ 小学校	不明		YJ 小学校	無し				
KH 小学校	校舎～廊下	無し	KN 小学校	校舎～校舎	不明	能美町			豊町					
EN 小学校	校舎～廊下	無し	KM 小学校	無し		KK 小学校	無し		YT 小学校	校舎～校舎	有り			
OT 小学校	校舎～廊下	無し	熊野町			TT 小学校	無し		大崎町(大崎上島町)					
大竹市			KI 小学校	有り	有り	NM 小学校	有り	無し	ONa 小学校	校舎～廊下	有り			
KB 小学校	無し		KN 小学校	不明		沖美町			ONi 小学校	無し				
MH 小学校	無し		KS 小学校	不明		MT 小学校	無し		東野町(大崎上島町)					
OG 小学校	校舎～廊下	有り	KY 小学校	有り	有り	OK 小学校	無し		HN 小学校	無し				
OW 小学校	無し		坂町			大柿町			木江町(大崎上島町)					
AT 小学校	無し		SK 小学校	無し		OK 小学校	無し		KE 小学校	無し				
OT 小学校	校舎～廊下	無し	YH 小学校	廊下～校舎	無し	OF 小学校	無し		瀬戸田町					
KN 小学校	無し		KY 小学校	校舎～階段	無し	KU 小学校	無し		SD 小学校	無し				
KT 小学校	無し		江田島町			HT 小学校	無し							
東広島市			AZ 小学校	校舎～玄関	有り	黒瀬町								
SJ 小学校	無し		EJ 小学校	有り	有り	IN 小学校	無し							
TN 小学校	有り	有り	OZ 小学校	無し		SK 小学校	無し							
GD 小学校	有り	有り	KK 小学校	無し		NK 小学校	不明							
IK 小学校	校舎～校舎	有り	KY 小学校	無し		NM 小学校	無し							
MN 小学校	無し		TK 小学校	不明		KK 小学校	不明							
KK 小学校	無し		MH 小学校	無し		福富町								
HR 小学校	校舎～校舎	無し	音戸町			TN 小学校	不明							
YK 小学校	校舎～廊下	有り	OU 小学校	校舎～校舎	有り	KB 小学校	無し							
HH 小学校	有り	無し	OD 小学校	有り	不明	豊栄町								
NS 小学校	無し		TS 小学校	無し		TS 小学校	校舎～廊下	有り						
SH 小学校	無し		TH 小学校	有り	無し	大和町								
HS 小学校	校舎～校舎	有り	TK 小学校	不明		OG 小学校	無し							
KD 小学校	廊下～校舎	有り	HM 小学校	校舎～廊下	有り	KD 小学校	無し							
TH 小学校	無し		HS 小学校	無し		KH 小学校	無し							
TN 小学校	有り	有り	倉橋町			MN 小学校	屋体～校舎	無し						
ZK 小学校	不明		MT 小学校	無し		WK 小学校	無し							
HS 小学校	有り	無し	UW 小学校	無し		河内町								
HI 小学校	有り	有り	OT 小学校	無し		NN 小学校	無し							
MS 小学校	有り	有り	KH 小学校	無し		OD 小学校	無し							
TM 小学校	有り	有り	SG 小学校	無し		KT 小学校	無し							

平成14年（2002年）

# 研究業績一覧

## 研究業績一覧凡例

平成14年1月～平成14年12月 (Jan., 2002～Dec., 2002)

この研究業績一覧の論文等は、本校教官が上記期間中に他誌等へ発表した研究業績である。 **ゴシック体**により標記した者は、**本校教官・技官**である。 例：高専太郎, T.KOSEN  
研究業績の範囲は主として次に掲げるものとし、各業績の先頭に番号による区分を示した。

1. 学会誌、協会誌等掲載学術論文（査読付）は〔1〕とした。
2. 国際会議発表\*は〔2〕とした。
3. 著書は〔3〕とした。
4. 学会誌、協会誌等掲載記事（総説、解説、技術資料等）、報告書は〔4〕とした。
5. 研究報告等掲載学術論文（査読なし）は〔5〕とした。
6. 学会発表、シンポジウム発表は〔6〕とした。
7. 特許等は〔7〕とした。
8. 芸術活動、建築作品、フィールドワークは〔8〕とした。

注：\*はProceeding 発表, Symposium 発表, Poster Session 発表を含む

掲載事項は以下のとおり。

1. 学会誌、協会誌等掲載学術論文（査読付）は〔1〕著者名：論文名：雑誌名、巻（号）、最初頁—最後頁、（発行年）
2. 国際会議発表は〔2〕発表者名：発表題目：発表誌名、巻（号）、最初頁—最後頁、（発表年月、場所）
3. 著書は〔3〕著者名：書名（編集者）：出版社名、（発行年）
4. 学会誌、協会誌等掲載記事、報告書は〔4〕著者名：論文名：雑誌名、巻（号）、最初頁—最後頁、（発行年）
5. 研究報告等掲載学術論文（査読なし）は〔5〕著者名：論文名：雑誌名、巻（号）、最初頁—最後頁、（発行年）
6. 学会発表、シンポジウム発表は  
〔6〕発表者名：発表題目：発表誌名、巻（号）、最初頁—最後頁、（発行年）又は  
〔6〕発表者名：発表題目：発表会名、（発表年月、場所）
7. 特許等は〔7〕発明者：特許等の名称：登録番号、（登録年）又は  
〔7〕発明者：特許等の名称：出願番号、（出願年）
8. 芸術活動、建築作品、フィールドワークは  
〔8〕制作者：作品等の名称、（発表年月、発表した場所等）又は  
〔8〕フィールドワーク実施者：フィールドワークの名称、（フィールドワーク実施年月、場所等）

※著者名等は20名を越える場合は最初の10名を記入し、ほか何名とした。

---

## 校長

---

- [1] Kenya Nagahisa(中国電力), Makoto Yoshida(広大工), Eiji Abe(中国電力), **Hideharu Fukunaga** and Gen Sasaki(広  
大工) : HREM and EDS analysis of sintered SiC fibre reinforced MAS glass composites : Journal of Electron  
Microscopy, 51(Supplement), pp.159-163 (2002)
- [1] 八戸仁志(広大工), 木村亮介(〃), 吉田誠(〃), 佐々木元(〃), 潘 進(〃), 横山幸一(広島アルミ), **福永  
秀春** : アルミニウム合金ダイキャストの表面品位におよぼす粉体離型剤の影響 : 軽金属, 第52巻, 第7号,  
pp.303-307, (2002)
- [1] Ryusuke Kimura(広大工), Makoto Yoshida(〃), Gen Sasaki(〃), Jin Pan(〃) and **Hideharu Fukunaga** :  
Characterization of heat insulating and lubricating ability of powder lubricants for clean and high quality die casting :  
Journal of Materials Processing Technology, Vol.130-131, pp.289-293, (2002)
- [1] Qingfeng Xing(広大工), Gen Sasaki(〃) and **Hideharu Fukunaga** : Interfacial microstructure of anodic-bonded  
Al/Glass : J. Mater. Sci. Mater. Electron, Vol.13, No.2, pp.83-88, (2002)
- [1] Ryusuke Kimura(広大工), Makoto Yoshida(〃), Gen Sasaki(〃), Jin Pan(〃) and **Hideharu Fukunaga** : Influence of  
abnormal structure on the reliability of squeeze castings : Journal of Materials Processing Technology, Vol.130-131,  
pp.299-303, (2002)
- [2] Gen Sasaki(広大工), Makoto Yoshida(〃), Nobuyuki Fuyama(広島県西部工技セ) and **Hideharu Fukunaga** : Effect  
of Fabrication Condition on Microstructure and Mechanical Properties of Compo-casting  $Al_{18}B_4O_{33}/AZ91D$   
Magnesium Alloy Composites : Proceeding of JSME/ASME International Conference on Mechanical and Processing  
2002, pp.106-110, (2002.10.15.-18, Hawaii, USA)
- [2] Makoto Yoshida(広大工), Gen Sasaki(〃) and **Hideharu Fukunaga** : Influence of microstructure of sintered SiC /  
SiO<sub>2</sub>-mullite oxide matrix composites on mechanical properties : Proceeding of JSME/ASME International Conference  
on Mechanical and Processing 2002, pp.101-105, (2002.10.15.-18, Hawaii, USA)
- [3] **福永秀春**(分担執筆) : 先進機械材料 (塩谷義編) : 培風館, (2002年)
- [5] 吉田 誠(広大工), 光山嘉一郎(〃), 佐々木元(〃), **福永秀春**, 青井一郎(早稲田大), 中江秀雄(〃) : 縦型  
帯域熔融結晶成長装置の作成と共晶・偏晶合金の協調成長に及ぼす対流、晶出相関の密度差および凝固方向  
の影響 : まてりあ, 第41巻第2号, pp.107-113, (2002)
- [5] **福永秀春**, 澤井敬己(花野商事) : 粉体離型潤滑剤を用いた素形材加工エコシステムの開発 : ハイテクインフ  
ォーメーション, No.135, pp.11-13, (2002)
- [7] **Hideharu Fukunaga** und Makoto Yoshida(広島大) : Pulverformiges Forumentrennmittel zur Verwendung beim  
Gießen mit einer Form und Formgußverfahren : ドイツ特許公開広報 Offenlegungsschrift DE10128401 A1,  
(2002.2.7)

## 一般科目

- [1] **小助川元太**：『塙囊鈔』の後宮婦人論——「子推恨」考——：説話・伝承学，第10号，52p-64p，(2002年3月)
- [1] **小助川元太**：『塙囊鈔』の「観勝寺縁起」——緇問の編纂意識に関わって——：佛教文学，第26号，96p-109p，(2002年3月)
- [1] **小助川元太**：『塙囊鈔』と雑談：中世文学，第47号，63p-73p，(2002年6月)
- [5] **小助川元太**：庭訓往来注と雑談——『庭訓私記』の注釈説話を中心に——：枯野，第12号，20p-34p，(2002年3月)
- [5] **木原滋哉**：ダム反対運動の組織戦略と政治的機会構造—川辺川ダム反対運動を事例にして—：呉工業高等専門学校研究報告，第64号，pp.1-6，(平成14年8月)
- [5] **岡中正三**：2X2行列におけるジョルダンの標準形について：呉工業高等専門学校研究報告，第64号，pp.7-11，(平成14年8月)
- [5] **赤池祐次**：多価写像による連続写像の近似について：呉工業高等専門学校研究報告，第64号，pp.13-16，(平成14年8月)
- [1] **Y. Kurokawa and J. P. Dufour** (Univ. Montpellier II, France) : Topological rigidity for certain families of differentiable plane curves : Journal of the London Mathematical Society, Vol.65(2), 223-242, (2002)
- [6] **黒川康宏** : Singularities of differential equations of asymptotic lines on surfaces in 4-space : 日本数学会トポロジープロジェクト研究集会「接触構造，特異点，古典的微分幾何学」，(2002年1月，北海道教育大学函館校)
- [5] 平松携(尾道大)，岩井一師(〃)，西川弘志(広島商船高専)，松木雅文(〃)，**谷岡憲三，佐賀野健**，幸田三広(大島商船高専)，藤岩秀樹(宇部高専)，岡崎宏一(福山大)，村木里志(長崎シーボルト大)，山崎昌廣(広島大)：中高年者の登山における生体反応の変動(5年間継続の血中脂質について)：尾道大学経済情報論集，第2巻(2号)，103-111，(2002)
- [1] **佐賀野健**，濱景子(広島大)，金致偉(〃)，橋原孝博(〃)，小村堯(〃)，西村清巳(〃)：男子バレーボールにおけるコンビネーション攻撃に対するリードブロックの技術特性に関する研究—2次元DLT法を用いたセンターブロッカーの映像分析—：スポーツ方法学研究，第15巻(1号)，87-96，(2002)
- [3] **川尻武信**(分担執筆)：Japanese Customs in Brief：大学出版，(2002年3月)
- [1] **中山 文**：ケルトの伝統「バード」とブレイク：英詩評論，第18号，pp.12-20，(2002)
- [3] **高島裕臣**(著)：英語語彙知識の形成：雄松堂書店 日本博士論文登録機構，(2002)

## 機械工学科

- 
- [1] **澁野宏正, 中迫正一, 河野正来**, 濱西はるみ(呉高専専攻科), 柞磨辰也(〃), 仁後 悟(同和鉄粉工業) : 鉄-銅系粉末焼結含油材料の焼付き強さ : トライボロジスト, 47巻4号, 298-305, (2002年4月)
- [1] **澁野宏正, 中迫正一, 河野正来**, 野田善友(呉高専専攻科), 深田一徳(鋼鉄工業) : ラジカル窒化ステンレス鋼SUS440C歯車のスコアリング強さ : 日本機械学会論文集 (C編), 68巻670号, 1840-1847, (2002年6月)
- [1] **H.NADANO, M.NAKASAKO, M.KOHNO, H.HAMANISHI**(呉高専専攻科), **S.NIGO**(同和鉄粉工業) : Friction and Wear Characteristics of Sintered Fe-Cu Powder Material : Japanese Journal of Tribology, Vol.45, No.5, 2000, 455-468, (Sep. 2002, Allerton Press, Inc.)
- [2] **H.NADANO, M.NAKASAKO, M.KOHNO, I.MINAMI**(高知工科大), **Y.NODA**(呉高専専攻科) : Tribological Properties of Biodegradable Lubricating Oils in Four-Ball Test : Proceedings of The Second Asia International Conference on Tribology, 369-370, (Oct. 2002, JESU ISLAND, KOREA)
- [6] 野田善友(呉高専専攻科), **澁野宏正, 中迫正一, 河野正来**, 南 一郎(高知工科大) : 四球試験における生分解性潤滑油の耐焼付き性能 : 日本機械学会中国四国支部第40期総会・講演会講演論文集, No. 025-1, 383-384, (2002年3月, 東広島)
- [6] **澁野宏正, 中迫正一, 河野正来, 福永秀春** : 金型冷却の最適設計(金型表面温度に及ぼす放熱の有無および冷却の影響) : 日本設計工学会中国支部講演論文集, No. 19, 29-34, (2002年6月, 広島)
- [1] **八木良尚**, 望月貞成(農工大) : 改良シングルブロー法によるルーバードフィンの熱伝達および圧力損失特性 : 日本冷凍協会論文集, 19(2), 173-180, (2002-7)
- [4] **八木良尚** : ガス拡散電極を用いた電磁推進模型の推進力特性-第2報 静圧上昇測定- : 実践教育, 17(6), 34-36, (2002)
- [6] **八木良尚** : ガス拡散電極を用いた電磁推進模型の推進力特性-第2報 静圧上昇測定- : 2002年実践教育研究発表会講演予稿集, 83-84, (2002-9, 岡山)
- [1] **T. Yoshimura** and Y. Ishikawa(横国大) : Study on modification of hydrogen trap site in nickel and stainless steel using atom probe : Journal of Vacuum Science & Technology, A 20(4), pp.1450-1457, (2002)
- [1] **S. Okido**(日立), **T. Yoshimura**, **K. Enomoto**(日立), **H. Saito**(〃), **R. Morinaka**(〃) and **T. Ishikawa**(〃) : Preventive Effect of Shot Peening on Stress Corrosion Cracking : Material Science Research International, Vol.8, No.4, pp.193-198, (2002)
- [6] 榎本邦夫(日立), **吉村敏彦**, 菅野智(日立), 黒沢孝一(〃), 守中廉(〃), 平野克彦(〃), 林英策(日立エンジニアリング), 石川哲也(〃) : ウォータジェットピーニングによるプラント溶接部の残留応力低減 : 日本ウォータジェット学会 第16回研究発表講演会, (2002年1月, 千葉工業大学)

- [6] 埤寛明(豊橋技科大), **吉村敏彦**, 服部敏雄(日立) : 応力特異場パラメータを用いたダブテールのフレッティング疲労評価法 : 日本機械学会 平成14年度材料力学部門講演会論文集, p. 788, (M&M2002-10/12~14, 山口大学)
- [6] 稲見和則(呉高専専攻科), **吉村敏彦**, 守中廉(日立), 齋藤昇(〃) : ウォータジェットピーニングにおけるピーニング痕分布への極値統計論解析の適用 : 日本機械学会 平成14年度材料力学部門講演会論文集, p. 485, (M&M2002-10/12~14, 山口大学)
- [1] **野原 稔**, 永村和照(広島大), 池条清隆(〃), 松尾浩平(住友潤滑剤(株)) : リップリング損傷と潤滑油について : 日本機械学会論文集 (C 編), 68 巻 672 号, 2444-2450, 2002-8
- [5] **野原 稔** : 有害獣監視システムの試作 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第64号, pp. 17-22, (平成14年8月)
- [1] Hiroyuki ABE(京都大), **Kenji FUKAZAWA** and Tomohiro INAGAKI(広島大) : Chiral Phase Transition of Bulk Abelian Gauge Theories in the Randall-Sundrum Background : Prog.Theor.Phys., Vol.107(No.5), pp1047-pp.1060, (2002)
- [2] **岩本英久**, **大東由喜夫**, **田村忠士**, 大崎絃一(岡山大), 山根冠児(中国労災病院) : Development of Self-adjustable Armrest Device for Micro-neurosurgery : Proceedings of the Sixth China-Japan International Conference on Industrial Management, pp.461-466, (2002年9月, 西安(中国))
- [2] Shuichi Tokunaga(詫間電波高専), Hirokazu Osaki(岡山大), Yasuhiro Kajihara(〃), Yoshiomi Munesawa(〃), Kazushi Tamamoto(〃), **Hidehisa Iwamoto**, Heihachi Taguchi(備中神楽面師) : Evaluation Method of Sculpture Position of Bitchu Kagura Mask : Proceedings of the Sixth China-Japan International Conference on Industrial Management, pp.452-457, (2002年9月, 西安(中国))
- [4] **岩本英久** : 微細作業用自在アームレストおよび医療福祉用簡易固定具の開発 : ハイテクインフォメーション, No. 142, pp49-54, (2002年11月)
- [6] 山根冠児(中国労災病院), 島健(〃), 西田正博(〃), 畠山尚志(〃), 三原千恵(〃), 石野真輔(〃), 上野直子(〃), **岩本英久**, **大東由喜夫**, 長江邦彦(ユフ精器株式会社) : マイクロ手術を行うための工夫—自在アームレストの開発と側臥位での上肢の吊り上げ固定装置の改良 : 第11回脳神経外科手術と機器学会プログラム・抄録集, p100, (2002年4月, 甲府市)
- [6] **岩本英久**, 吉田哲(中国労災病院), 勝矢千代(〃), 宮武洋成(中国ベンダー工業) : ワンアクションアタッチメントの開発に関する研究 : ジェロンテクノロジー第1回研究発表論文集, pp41-44, (2002年5月, 広島)
- [7] **岩本英久**, **大東由喜夫**, **田村忠士** : 微細作業用腕支持具 : 特願2002-105120, (2002)
- [7] **岩本英久**, **大東由喜夫**, 宮武洋成(中国ベンダー工業) : ワンアクション固定具 : 特願2002-154049, (2002)
- [1] **野村高広**, **京免 進** : 自然対流を伴う水平長方形管内脈動流れにおける付随渦の影響 : 日本機械学会論文集B編, 68(674), 9-17, (2002, 10)
- [6] **野村高広**, **京免 進** : 自然対流を伴う水平長方形管内脈動流れにおける流動形態 : 日本機械学会中国四国支部講演論文集, 025-1, 235-236, (2002, 3, 東広島)
- [6] **野村高広**, **京免 進** : 自然対流を伴う水平長方形管内脈動流れにおける温度場と熱伝達 : 日本機械学会松

山地方講演論文集, 025-2, 245-246, (2002, 10, 松山)

- [1] **山田祐士** : 空気圧サーボ系に対する直接法適応極配置制御 : 日本機械学会論文集 C編, 68巻666号, p. 419-423, (2002年2月)
- [1] **山田祐士** : 付加外力の伴う空気圧サーボ系のニューラルネットワーク併用型MRAC : 日本機械学会論文集 C編 : 68巻673号, p. 2716-2721, (2002年9月)
- [2] Mitsuru Kitamura and **Tetsuya Uedera** : Optimization of Ship Structure Based on Zooming Finite Element Analysis with Sensitivities : The Proceedings of the 12-th International Offshore and Polar Engineering Conference(ISOPE 2002), 103, 597-602, (May 30 2002 , Kita-Kyushu Japan)
- [6] **上寺哲也**, 北村充(広島大), 濱田邦裕(〃) : ズーミング境界に応力再解析式を用いた構造最適設計に関する研究 : 西部造船会論文梗概, 第105号, 191-196, (平成14年11月, 呉市つばき会館)

## 電気情報工学科

- [5] **植田義文**, 川浪徹(呉高専本科) : スクッテルダイト型  $\text{CoSb}_3$  の電子状態の研究 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第 64 号, pp. 23-29, (平成 14 年 8 月)
- [2] **F. Kuroki**, W. Sakamoto(呉高専専攻科), A. Miyamae(呉高専本科), and T. Yoneyama(東北工大) : Transition between the low permittivity LSM guide and high permittivity LSE guide in the NRD guide and its application to flexible line at 60GHz : Proceedings of China-Japan Joint Meeting, pp.29-32, (April, 2002 in Xian)
- [2] **F. Kuroki**, S. Nakamura(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : NRD guide circuit components at 76.5GHz : Proceedings of China-Japan Joint Meeting, pp.271-274, (April, 2002 in Xian)
- [2] **F. Kuroki**, Akira Miyamae(呉高専本科), M. Yamaguchi(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : NRD-guide compatible high permittivity dielectric radiator for multiple access LAN applications at 60GHz : Proceedings of IEEE AP-S and URSI Int. Symp., pp.402-405, (July, 2002 in San Antonio)
- [2] **F. Kuroki**, M. Yamaguchi(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : Experiment on giga bit class ultra high speed data transmission using NRD guide transmitter and receiver at 60GHz : Proceedings of IEEE AP-S and URSI Int. Symp., p358, (July, 2002 in San Antonio)
- [2] **F. Kuroki**, K. Wada(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : Design of small sized NRD guide ring resonator at 60GHz : Proceedings of IEEE AP-S and URSI Int. Symp., p357, (July, 2002 in San Antonio)
- [2] **F. Kuroki**, M. Yamaguchi(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : Mode coupling phenomena in high permittivity NRD guide with remained small air gap between dielectric and metal plate interface : Proceedings of Progress in Electromagnetics Research Symp., p885, (July, 2002 in Boston)
- [2] **F. Kuroki**, A. Miyamae(呉高専本科), and T. Yoneyama(東北工大) : Millimeter-wave flexible line by using high permittivity LSE-NRD guide at 60GHz : Proceedings of Progress in Electromagnetics Research Symp., p883, (July, 2002 in Boston)

- [2] **F. Kuroki**, S. Sonoo(呉高専本科), M. Yamaguchi(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : Coupling characteristics of square shaped ceramic resonator at 60GHz : Proceedings of Progress in Electromagnetics Research Symp., p216, (July, 2002 in Boston)
- [2] **F. Kuroki**, S. Nakamuna(呉高専専攻科), T. Fukuchi(古河電工), and T. Yoneyama(東北工大) : NRD guide p-i-n diode devices for automotive radars at 76.5GHz : Proceedings of the 32nd European Microwave Conference, pp.191-194, (September, 2002 in Italy)
- [2] **F. Kuroki**, K. Wada(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : Low-loss and small-sized channel dropping filter by using NRD guide at 60GHz : Proceedings of the 32nd European Microwave Conference, pp.637-640, (September, 2002 in Italy)
- [2] **F. Kuroki**, S. Sonoo(呉高専本科), M. Yamaguchi(呉高専専攻科), Y. Minamitani(新日本無線), and T. Yoneyama(東北工大) : Design of square shaped ceramic resonators and their applications to the wide band band-pass filters at 60GHz : Proceedings of the 32nd European Microwave Conference, pp.1041-1044, (September, 2002 in Italy)
- [2] **F. Kuroki**, K. Wada(呉高専専攻科), and T. Yoneyama(東北工大) : Racetrack Type Ring Resonator Loaded Channel Dropping Filter Based on the NRD Guide Technology at 60GHz : The 14th Asia Pacific Microwave Conference, pp.334-337, (November, 2002 in Kyoto)
- [5] **黒木太司** : ミリ波電磁波利用技術に関する最近の話題 : 福岡県工業技術センター高度技術者招聘講演会招待講演, 全 12 頁, (2002 年 10 月, 北九州)
- [5] **黒木太司** : 60GHz 帯超高速・超高帯域ミリ波伝送システム : 第 14 回「電気・電子機器の EMC ワークショップ ―ブロードバンド時代の EMC―」招待講演 : pp. 23-32, (2002 年 11 月, 越後湯沢)
- [5] **黒木太司** : 基礎講座、マイクロ波回路 : ㈱京セラ招聘公開講座, 全 108 頁, (2002 年 12 月, 鹿児島)
- [6] **黒木太司**, 坂本渉(呉高専専攻科), 山口倫史(リ), 宮前旭(呉高専本科), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯 NRD ガイドにおける低誘電率 LSM ガイドと高誘電率 LSE ガイドとの接続とその応用 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, Vol. 101, No. 553, pp. 91-96, (2002 年 1 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 山口倫史(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 非対称空隙を有する高誘電率 NRD ガイドの伝送特性 : 電子情報通信学会総合大会, (2002 年 3 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 山口倫史(呉高専専攻科), 園尾聡(呉高専本科), 南谷康次郎(新日本無線), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯方形セラミック共振器の結合特性 : 電子情報通信学会総合大会, (2002 年 3 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 山口倫史(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯 NRD ガイド送受信機を用いた高速信号伝送実験 : 電子情報通信学会総合大会, (2002 年 3 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 宮前旭(呉高専本科), 坂本渉(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 高誘電率 LSE-NRD ガイドにおける 60GHz 帯可撓性ベンドの実験 : 電子情報通信学会総合大会, (2002 年 3 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 和田賢悟(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯小形 NRD ガイドリング共振器の設計 : 電子情報通信学会総合大会, (2002 年 3 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 園尾聡(呉高専本科), 山口倫史(呉高専専攻科), 南谷康次郎(新日本無線), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯方形セラミック共振器装荷 NRD ガイド帯域フィルタの特性 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会,

pp. 77-80, (2002 年 4 月, 東京)

- [6] **黒木太司**, 榊原祐樹(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 金属片周期装荷誘電体スラブ表面波アンテナの放射特性 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 33-38, (2002 年 5 月, 愛媛)
- [6] **黒木太司**, 和田賢悟(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯小形低損失レーストラック形 NRD ガイド分波器の試作 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 39-44, (2002 年 5 月, 愛媛)
- [6] 馬哲旺(埼玉大), 川島宗也(NTT), **黒木太司**, 新井宏之(横国大), 和田光司(青山学院大), 河合正(姫路工大), 北沢祥一(東芝), 脇野喜久男(村田製作所) : 2001 年アジアパシフィックマイクロ波国際会議(APMC' 2001) 報告[特別講演] : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 45-53, (2002 年 5 月, 愛媛)
- [6] **黒木太司**, 新家暁(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : NRD ガイドビームリードダイオードマウントの解析 : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2002 年 9 月, 宮崎)
- [6] **黒木太司**, 宮前旭(呉高専専攻科), 山口倫史(〃), 米山務(東北工大) : 高誘電率 LSE-NRD ガイド放射器を用いたミリ波アンテナの放射特性 : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2002 年 9 月, 宮崎)
- [6] **黒木太司**, 下井浩(呉高専専攻科), 山口倫史(〃), 米山務(東北工大) : 方形セラミック共振器を用いた NRD ガイド帯域フィルタの試作 : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2002 年 9 月, 宮崎)
- [6] **黒木太司**, 木村実人(呉高専本科), 山岡幸一(〃), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯垂直ストリップ線路-NRD ガイド変換器の特性 : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2002 年 9 月, 宮崎)
- [6] **黒木太司**, 山口倫史(呉高専専攻科), 米山務(東北工大), 佐藤浩哉(シャープ) : 60GHz 帯 NRD ガイドトランシーバを用いた SDI 信号伝送実験 : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2002 年 9 月, 宮崎) (平成 14 年度電子情報通信学会学術奨励賞受賞)
- [6] **黒木太司**, 下井浩(呉高専専攻科), 山口倫史(〃), 米山務(東北工大) : 60GHz 帯方形セラミック共振器装荷 NRD ガイド帯域フィルタの試作 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 7-10, (2002 年 9 月, 東京)
- [6] **黒木太司**, 山岡幸一(呉高専本科), 山口倫史(呉高専専攻科), 米山務(東北工大) : 高誘電率 NRD ガイドにおける非対称微小空隙の影響 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 11-14, (2002 年 9 月, 東京)
- [6] 沢田宏和(東北工大), 米山務(〃), **黒木太司** : 短絡 3dBNRD ガイド結合器の広帯域化 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 47-52, (2002 年 10 月, 仙台)
- [2] Mitsuo Matsumoto(工学院大), Susumu Yamanaka(〃), Mikio Toyama(〃) and **Hiroaki Nomura** : Interpolating Binaural Response for Moving Sound Images : 2002 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Proceedings vol. IV of V, pp. 4175, (2001, Orlando, Florida, USA)
- [2] Mitsuo Matsumoto(工学院大), Susumu Yamanaka(〃), Mikio Toyama(〃) and **Hiroaki Nomura** : Moving sound image representation method : XI European Signal Processing Conference, Proceedings vol. III of III, pp. 105-108, (2002, Toulouse, France)
- [2] **T. YAMAZAKI**, H. SASAKI(広島大) : Effect of Magnetic Field on Hollow Cathode Discharge : Joint International Plasma Symposium of 6th APCPST meeting abstract, p127, (2002.7, Jeju Korea)
- [5] **山崎勉** : 運動制御問題への遺伝アルゴリズムの適用 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第 64 号, pp. 31-35,

(平成 14 年 8 月)

- [6] **山崎勉** : ホロー陰極放電の陰極降下幅 : 日本物理学会 2002 秋季大会講演予稿集, 7aSR-1, (2002.9, 春日井市)
- [6] **山崎勉** : 小径ホロー陰極の放電電圧 : 電気・情報関連学会中国支部第 53 連合大会, 講演論文集 (020216), p44, (2002.10, 松江市)
- [6] **藤井敏則**, 浅野間将太(呉高専専攻科) : 自律型移動ロボットによる環境認識実験 : 平成14年電気学会産業応用部門全国大会, Y-94, 1116, (平成14年8月, 鹿児島)
- [6] **藤井敏則**, 行平隼人(呉高専専攻科) : 強化学習を用いた歩行ロボットの制御法に関する研究 : 平成14年電気学会産業応用部門全国大会Y-95, 1117, (平成14年8月, 鹿児島)
- [6] **藤井敏則**, **野村利英** : 時間割の自動配置システムの開発—卒業研究における物づくりを通して— : 平成14年度高専教育講演論文集, 165-166, (平成14年8月, 水戸)
- [6] **藤井敏則**, 浅野間将太(呉高専専攻科) : 自律型移動ロボットによる環境認識実験—センサの増設による環境認識誤差の改善—, 平成14年度 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 413, (平成14年10月, 島根)
- [6] **藤井敏則**, 畠山裕之(呉高専本科), 船曳繁之(島根大) : 強化学習による立体自動倉庫の最短経路探索法 : 平成14年度 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 414, (平成14年10月, 島根)
- [6] **藤井敏則**, 船曳繁之(島根大) : GAによる立体自動倉庫の最適配置法 : 平成14年度 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 415-416, (平成14年10月, 島根)
- [1] **Yoshio Yokose**, So Noguchi(広島大), Hideo Yamashita(〃) : Performance for the Hybrid Method Using Stochastic and Deterministic Searching for Shape Optimization of Electromagnetic Devices : Applied Electromagnetics, No. 3, 134-139, (2002)
- [6] **横瀬義雄**, 泉 照之(島根大) : マニピュレータのエネルギー最小化におけるGAの適用法 : 電気・情報関連学会中国支部第53回連合大会, 53号, 412- 412, (平成14年10月19日, 島根)
- [1] T. Sasakawa(広島大), T. Suemitsu(〃), T. Takabatake(〃), **Y. Bando**, K. Umeo(広島大), M.H. Jung(〃), M. Sera(〃), T. Suzuki(〃), T. Fujita(〃), M. Nakajima(〃), K. Iwassa(都立大), M. Kohgi(〃), Ch. Paul(ウィーン工科大), St. Berger(〃), E. Bauer(〃) : Successive phase transition and energy-gap formation in CeRhAs : Phys. Rev. B 66, 041103(R), 1-4, (2002)
- [1] **大西義浩**, 山本 透(広島大), 兼田雅弘(岡山県大) : 最小分散を考慮したセルフチューニング極配置制御系の設計 : 電気学会論文誌, Vol. 122-C, No. 3, pp. 1683-1689, (2002)
- [1] **大西義浩**, 山本 透(広島大), 大松 繁(大阪府大) : 内部モデル構造を有した多変数セルフチューニングPID制御系の一設計 : 電気学会論文誌, Vol. 122-C, No. 11, pp. 1947-1953, (2002)
- [2] **Y. OHNISHI** and T. YAMAMOTO(広島大) : Comparative Study of Self-tuning Controllers on a SICE Benchmark Problem for Adaptive Control techniques : Proc. of Advance Control on Industrial Process, pp.121-126, (2002.6, 熊本)
- [2] **Y. OHNISHI**, T. YAMAMOTO(広島大), T. YAMADA(オムロン), I. NANNO(〃), M. TANAKA(〃) : A Design of Nonlinear PID Control Systems with a Neural-Net Based System Estimator : Proceeding of SICE Annual Conference

2002, SICE02-0480 (CD-ROM収録), (2002.8, 大阪)

- [4] **大西義浩**, 山本 透(広島大), 山田隆章(オムロン), 南野郁夫(〃), 田中政仁(〃): ニューロ推定器を用いた非線形PID制御系の設計: 電気学会研究会資料, 産業計測制御研究会, IIC-02-53, (2002)
- [6] **大西義浩**, 山本 透(広島大): ベンチマーク問題に対するセルフチューニングコントローラの比較: 第2回適応学習制御シンポジウム資料, pp. 81-84, (2002年1月, 名古屋)
- [6] **大西義浩**, 山本 透(広島大): ニューラルネットワークを用いた非線形システムの同定とPID制御法への応用: 第12回インテリジェントシステム・シンポジウム講演論文集, pp. 459-462, (2002年11月, 佐賀)
- [6] **大西義浩**, 山本 透(広島大): ニューラルネットワークを用いたシステム同定器を有する非線形PID制御: 計測自動制御学会システム・制御部門学術講演会2002講演論文集, pp. 359-362, (2002年11月, 横浜)
- [1] **井上浩孝**, 成久洋之(岡山理大): カオス時系列予測問題に対するアンサンブル自己生成ニューラルネットワークの並列特性: 電子情報通信学会論文誌(D2), Vol. J85-D-II (No. 2), pp. 308-318, (2002年)
- [1] 福永好伸(岡山理大), **井上浩孝**, 成久洋之(岡山理大): 複合ニューラルネットワークによる効率的なカオス時系列予測: 電子情報通信学会論文誌(D2), Vol. J85-D-II (No. 4), pp. 689-694, (2002年)
- [1] **井上浩孝**, 成久洋之(岡山理大): アンサンブル自己生成ニューラルネットワークのための高速枝刈り法: 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, Vol. 43 (No. SIG7 (TOM6)), pp. 59-69, (2002年)
- [2] **H. INOUE and H. NARIHISA** (岡山理大): Optimizing a Multiple Classifier System: Proc. The Seventh Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, pp.285-294, (2002年8月, 東京)
- [6] **井上浩孝**, 成久洋之(岡山理大): 自己生成ニューラルネットワークに基づくアンサンブルモデルの効率的枝刈り法: 日本神経回路学会第12回全国大会講演論文概要集, pp. 99 (2002年9月, 鳥取)
- [6] **井上浩孝**, 成久洋之(岡山理大): アンサンブル自己生成ニューラルネットワークの効率的枝刈り法: 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. 450-451, (2002年10月, 島根)
- [1] **三島智和**, 大西徳生(徳島大): 太陽電池アレイの部分陰補償制御システム: 電気学会論文誌産業応用部門誌, 122 巻第 8 号, pp. 799-806, (2002 年)
- [2] **Tomokazu Mishima**, Tokuo Ohnishi (徳島大): Power Compensation System for Partially Shaded PV Array using Electric Double Layer Capacitors: Proceeding of IEEE-IECON, 第 4 巻, pp. 3262-3267, (2002 年 11 月, スペイン)
- [6] **三島智和**, 大西徳生(徳島大): 電気二重層キャパシタを用いた太陽電池アレイの部分陰補償制御: 電気学会産業応用部門大会講演論文集, 第 2 巻, pp. 895-898, (2002 年 8 月, 鹿児島大学工学部)
- [6] **三島智和**, 大西徳生(徳島大): 電気二重層キャパシタによる太陽電池部分陰補償制御特性: 電気関係学会四国支部連合大会講演論文集, 第 1 巻, pp. 66, (2002 年 10 月, 詫間電波高専)

## 環境都市工学科

- [5] **丸上晴朗**：Lagrange の運動方程式によるはり及び棒の連成熱弾性自由振動の減衰解析：呉工業高等専門学校研究報告，第 64 号，pp. 37-40，（平成 14 年 8 月）
- [1] **小堀慈久**：まさ土地盤における豪雨と地震による斜面災害：地盤災害・地盤環境問題論文集，第1巻，地盤工学会四国支部，pp. 157-168，（2002）
- [1] **小堀慈久**，原田明（三浦工業），立畑忠之（国土交通省），**加藤省二**：スラグ混合処理土における圧密特性：地盤災害・地盤環境問題論文集，第 2 巻，地盤工学会四国支部，pp. 117-122，（2002）
- [1] **小堀慈久**，原田明（三浦工業），立畑忠之（国土交通省）：スラグ混合処理土におけるせん断特性：地盤災害・地盤環境問題論文集，第 2 巻，地盤工学会四国支部，pp. 123-128，（2002）
- [6] **小堀慈久**，原田明（三浦工業），立畑忠之（国土交通省）：スラグを用いた混合処理土における圧密特性：第 54 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，pp. 255-256，（2002）
- [6] **小堀慈久**，松谷和典（九州大学），立畑忠之（国土交通省）：模型地盤における液状化の地盤条件特性：第 54 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，pp. 281-282，（2002）
- [6] **小堀慈久**，立畑忠之（国土交通省）：標準砂の繰返し三軸試験による液状化特性：第 54 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，pp. 291-292，（2002）
- [6] 応和宏樹（JR西日本），**中野修治**，立花由美子（岡山市）：ねじりを受けるプレキャストスラブに関する実験的研究：第54回土木学会中国支部研究発表会概要集，（2002年5月，岡山市）
- [6] **中野修治**，立花由美子（岡山市），応和宏樹（JR西日本）：ねじりを受けるプレキャストスラブに関する極限解析：第54回土木学会中国支部研究発表会概要集，（2002年5月，岡山市）
- [1] 任垠相（広島大），**森脇武夫**，新宅由英（計測リサーチコンサルタント）：粘土地盤における盛土に伴う側方流動圧の簡易予測法：地盤工学会誌，第 50 巻，第 2 号，pp. 19-21，（2002）
- [1] 白珍元（広島大），**森脇武夫**，菊地佳誉（広島大）：バーチカルドレーンによる三次元圧密時の地盤内部挙動の測定と解釈：地盤と建設，Vol. 20，No. 1，pp. 71-79，（2002）
- [1] **森脇武夫**，Supranata, Y. E.（広島大），稲垣太治（〃）：貫通 SCP と不貫通 SCP を組み合わせて改良した粘性土地盤の圧密沈下予測：第 47 回地盤工学シンポジウム論文集，pp. 69-78，（2002）
- [1] **森脇武夫**，和田陽子（阪神コンサルタント）：圧密時の温度環境が粘土の微視的構造と力学特性に及ぼす影響：粘土地盤における最新の研究と実際に関するシンポジウム論文集，pp. 41-46，（2002）
- [1] 白珍元（広島大），**森脇武夫**，菊地佳誉（広島大）：バーチカルドレーン打設地盤の三次元圧密挙動に及ぼす応力履歴の影響：施工過程を考慮した地盤の変形・破壊予測に関するシンポジウム論文集，pp. 85-92，（2002）

- [1] 任垠相(広島大), **森脇武夫**, 弥勒昌史(広島大) : 盛土の施工条件を考慮した粘土地盤中の坑土圧構造物に作用する側方土圧の予測法 : 施工過程を考慮した地盤の変形・破壊予測に関するシンポジウム論文集, pp.107-106, (2002)
- [2] **Moriwaki, T.**, Im, E. S.(広島大) and Miroku, M.(〃) : Lateral earth pressure acting on underground retaining structures in clay ground under embankment : Proc. of the First International Conference on Civil and Environmental Engineering, pp.39-48, (2002, Higashi-Hiroshima)
- [2] **Moriwaki, T.**, Thi Ha(広島大), Dissanayake, A. K.(〃), Uy, D. A.(〃) and Yamamoto, M.(〃) : Study on the mechanism of slope failure induced by rainfall : Proc. of the First International Conference on Civil and Environmental Engineering, pp.99-108, (2002, Higashi-Hiroshima)
- [4] **森脇武夫** : 弾粘性圧密理論を用いた圧密沈下予測 : 地盤工学会, 圧密沈下予測の新しい考え方と手法講習会, pp. 59-78, (2002)
- [4] 重松宏明(岐阜大), 足立格一郎(芝浦工大), 大里重人(土質リサーチ), 姜敏秀(港湾空港技術研究所), 佐野郁雄(大阪産大), 福江正治(東海大), 持田文弘(応用地質), **森脇武夫** : 土の微視的構造の観察と評価技術に関する検討ワーキンググループ報告 : 粘土地盤における最新の研究と実際に関するシンポジウム論文集, pp. 333-369, (2002)
- [6] **森脇武夫**, 木下洋樹(広島大), 松本賢弥(〃) : 高温条件下での粘土の変形・強度特性 : 第37回地盤工学研究発表会発表講演集, pp. 273-274, (2002, 大阪市)
- [6] **森脇武夫**, 白元珍(広島大), 菊池佳誉(〃), 宇賀修一(〃) : バーチカルドレーン打設地盤内部の三次元圧密挙動 : 第37回地盤工学研究発表会発表講演集, pp. 981-982, (2002, 大阪市)
- [6] **森脇武夫**, Supranata, Y. E. (広島大), 稲垣太治(〃), 田代耕士(〃) : 不貫通SCPと貫通SCPを組み合わせる改良した粘性土地盤の応力分担特性, 第37回地盤工学研究発表会発表講演集 : pp. 1083-1084, (2002, 大阪市)
- [6] 佐々木康(広島大), **森脇武夫**, 加納誠二(広島大), Thi Ha(〃), Dissanayake, A. K. (〃) : 広島大学構内のまさ土斜面における土中水分およびサクシンの現地観測 : 第37回地盤工学研究発表会発表講演集, pp. 1249-1250, (2002, 大阪市)
- [6] **森脇武夫**, 弥勒昌史(広島大), 任垠相(〃) : 粘土基礎地盤中の剛体構造物に作用する側方土圧の評価法 : 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 3-156, pp. 311-312, (2002, 札幌市)
- [6] **森脇武夫**, 松本賢弥(広島大), 木下洋樹(〃) : 粘土の微視的構造に及ぼす温度効果 : 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 3-348, pp. 695-696, (2002, 札幌市)
- [6] **森脇武夫**, Supranata, Y. E. (広島大), 稲垣太治(〃) : 貫通SCPと不貫通SCPを組み合わせる改良した粘性土地盤の沈下予測の提案 : 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 3-370, pp. 739-740, (2002, 札幌市)
- [6] 加納誠二(広島大), 佐々木康(〃), **森脇武夫**, 木村紋子(広島大), 西本大介(〃) : 平成13年芸予地震時の尾根部での地震応答と石積み擁壁の被害の関係 : 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 3-568, pp. 1135-1136, (2002, 札幌市)
- [6] 佐々木康(広島大), **森脇武夫**, 加納誠二(広島大), 西本大介(〃), 木村紋子(〃) : 芸予地震による石積み擁

壁の被害分布：土木学会中国支部第54回研究発表会発表概要集，pp. 303-304，(2002，岡山市)

- [6] **森脇武夫**，木下洋樹(広島大)，松本賢弥(〃)：粘土の圧密・せん断特性に及ぼす高温履歴の影響：土木学会中国支部第54回研究発表会発表概要集，pp. 331-332，(2002，岡山市)
- [6] **森脇武夫**，Suprananta, Y. E. (広島大)，稲垣太治(〃)，田代耕士(〃)：不貫通SCPと貫通SCPが混在する粘土地盤の圧密沈下予測法：土木学会中国支部第54回研究発表会発表概要集，pp. 355-356，(2002，岡山市)
- [6] **森脇武夫**，白元珍(広島大)，菊池佳誉(〃)，宇賀修一(〃)：バーチカルドレーン打設地盤の三次元圧密挙動に関する模型実験：土木学会中国支部第54回研究発表会発表概要集，pp. 357-358，(2002，岡山市)
- [6] **森脇武夫**，鈴木文晴(広島大)：飽和粘土の繰返し圧密挙動に及ぼす載荷周期の影響：土木学会中国支部第54回研究発表会発表概要集，pp. 363-364，(2002，岡山市)
- [6] **森脇武夫**，任垠相(広島大)，弥勒昌史(〃)：粘土基礎地盤中の剛体構造物に作用する側方土圧について：土木学会中国支部第54回研究発表会発表概要集，pp. 397-398，(2002，岡山市)
- [1] **市坪 誠**，Masanobu SHINOZUKA(南加大)：舗装面の劣化抽出システムの自動化に関する研究：コンクリート工学年次論文報告集，第24巻第1号，pp. 1653-1658，(2002. 6)
- [1] Keiko Ishihara(広島国際大)，Shigekazu Ishihara(〃)，Mitsuo Nagamachi(〃)，Koji Komatsu(香川大)，**Makoto Ichitsubo**，Fumiaki Mikami(岡山大)，Yoshihiro Osuga(〃)，Kouichi Imamura(〃)，Hirokazu Osaki(〃)：Handrails for the elderly, A survey of the need for handrails and experiments to determine the optimal size of staircase handrails：GERONTECHNOLOGY International journal on the fundamental aspects of technology to serve the ageing society, Vol. 1, No.3, pp.175-189, (2002.3)
- [1] 小松孝二(香川大)，今田寛典(呉大)，**市坪 誠**，長町三生(広島国際大)：高齢者を考慮したコンピュータの操作指導に関する調査研究：社会情報学研究，Vol. 6，pp. 1-12，(2002. 3)
- [2] **Makoto Ichitsubo**，Hirofumi Imada(呉大)，Moon Namgung(圓光大)，Tatsuo Nishino(広島国際大) and Mitsuo Nagamachi(〃)：Development of The Computer System of Road Safety Audit in Kansei Engineering：Proceedings of The sixth CHINA-JAPAN International Symposium on Industrial Management, CRC-Press Inc., pp. 663-668, (2002.9)
- [2] Tatsuo Nishino(広島国際大)，Mitsuo Nagamachi(〃) and **Makoto Ichitsubo**：Rough Set Data Analysis For Extraction of Kansei Design Rules：6th International Conference of Design and Automation, CRC-Press Inc., pp. 641-646, (2002.8)
- [2] **Makoto Ichitsubo**，Tatsuo Nishino(広島国際大)，Mitsuo Nagamachi(〃) and Masanobu SHINOZUKA(南加大)：Analysis of Remotely Sensed Surface Images of Pavement For Distress Detection：6th International Conference of Design and Automation, CRC-Press Inc., pp. 647-652, (2002.8)
- [3] **市坪 誠**(分担執筆)：エースコンクリート工学(田澤榮一編)：朝倉書店，(2002. 4)
- [5] **市坪 誠**，**竹村和夫**，**山口隆司**，丸岡弘晃(呉高専専攻科)，山根 浩(〃)：コンクリート表面におけるひびわれの定量評価に関する研究：呉工業高等専門学校研究報告，第64号，pp. 41-46，(平成14年8月)
- [5] **市坪 誠**，**竹村和夫**，**山口隆司**，山根 浩(呉高専専攻科)，丸岡弘晃(〃)：材料表面における損傷検出システムに関する基礎的研究：呉工業高等専門学校研究報告，第64号，pp. 47-52，(平成14年8月)

- [6] **市坪 誠**, **竹村和夫**, 迫井裕樹(北海道大), 小松孝二(香川大), 丸岡弘晃(呉高専専攻科), 山根 浩(〃) : コンクリートのひびわれ評価に及ぼす光源の影響 : 土木学会年次学術講演会講演概要集 第6部門, pp. 205-206, (2002. 9)
- [6] **市坪 誠**, 小松孝二(香川大), 長町三生(広島国際大), 今田寛典(呉大), 加藤文教(ヒロコン), 谷本泰雄(大阪大) : 公共事業における合意形成のための住民参加支援システムの開発について : 土木学会年次学術講演会講演概要集 第6部門, pp. 785-786, (2002. 9)
- [6] 掛 園恵(呉高専本科), 長町三生(広島国際大), **市坪 誠**, 田中秀宜(日本ミクニヤ), 大森誠紀(〃) : 感性工学手法を用いた護岸評価に関する基礎的研究 : 第4回日本感性工学会大会予稿集2002, pp. 161, (2002. 9)
- [6] **市坪 誠**, 白木 渡(香川大), 長町三生(広島国際大) : 住民参加型社会資本整備のためのツール開発 : 第4回日本感性工学会大会予稿集2002, pp. 229, (2002. 9)
- [6] **市坪 誠**, 長町三生(広島国際大), 今田寛典(呉大), 小松孝二(香川大), 加藤文教(ヒロコン), **山口隆司**, 谷本泰雄(大阪大) : 地域計画に対する住民参加のための景観整備システムの構築 : 第54回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp. 415-416, (2002. 6)
- [6] **市坪 誠**, 加藤文教(ヒロコン), **山口隆司**, 小松孝二(香川大), 金本典子(広島県) : 都市内河川における広告看板の景観評価に関する一考察 : 第54回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp. 421-422, (2002. 6)
- [6] **市坪 誠**, 長町三生(広島国際大), 今田寛典(呉大), 竹本昌幸(呉高専本科), **山口隆司**, 小松孝二(香川大), 谷本泰雄(大阪大) : 情報化整備が住民参加意識に与える影響に関する研究 : 第54回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp. 493-494, (2002. 6)
- [6] **市坪 誠**, 今田寛典(呉大), 小松孝二(香川大), **山口隆司**, 迫井裕樹(北海道大), 山村祐子(呉高専本科) : 本庄水源地における施設情報の体系化に関する研究 : 第54回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp. 503-504, (2002. 6)
- [6] **市坪 誠**, **竹村和夫**, **山口隆司**, 小松孝二(香川大), 迫井裕樹(北海道大), 丸岡弘晃(呉高専専攻科), 山根 浩(〃) : コンクリート表面のひびわれ評価に関する基礎的研究, 第54回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp. 593-594, (2002. 6)
- [6] **市坪 誠**, **竹村和夫**, **山口隆司**, 小松孝二(香川大), 迫井裕樹(北海道大), 山根 浩(呉高専専攻科), 丸岡弘晃(〃) : 舗装表面の劣化抽出システムの構築, 第54回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp. 621-622, (2002. 6)
- [1] 中村明靖(長岡高専), 荒木信夫(〃), **山口隆司**, 山崎慎一(高知高専), 大橋晶良(長岡技科大), 原田秀樹(〃) : Real-Time PCR法と Competitive PCR法を用いたNitrosomonas属の16SRDNA遺伝子及びamoA遺伝子の定量 : 環境工学研究論文集, 第39巻, pp. 365-373, (2002. 11)
- [6] 荒木信夫(長岡高専), **山口隆司**, 原田秀樹(長岡技科大) : Real Time PCR法を用いた亜硝酸還元素遺伝子nirS : の定量法の開発 : 第36日本水環境学会年会講演集, p. 295, (2002. 3, 岡山)
- [6] 荒木信夫(長岡高専), **山口隆司**, 原田秀樹(長岡技科大) : 16SrDNAおよび遺伝子amoAに基づいたアンモニア酸化細菌の定量 : 第36日本水環境学会年会講演集, p. 296, (2002. 3, 岡山)
- [6] 荒木信夫(長岡高専), **山口隆司**, 原田秀樹(長岡技科大) : RT-PCR法で評価した硝化汚泥中のamoA遺伝子の発

現量と比活性との関係：第36日本水環境学会年会講演集，p. 297，(2002. 3，岡山)

- [6] 山崎慎一(高知高専)，**山口隆司**：高速下水高度処理特性に及ぼす処理温度の影響：平成14年度土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集，pp. 496-497，(2002. 5，徳島市)
- [6] 山崎慎一(高知高専)，**山口隆司**：ろ紙吸光法による河床接触ろ材浄化特性の評価：平成14年度土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集，pp. 472-473，(2002. 5，徳島市)
- [6] 大野俊平(長崎大)，**山口隆司**，**市坪 誠**，山崎慎一(高知高専)，原田秀樹(長岡技科大)：都市下水処理バイオリアクターのスタートアップ特性：第54回土木学会中国支部技術研究会講演概要集，pp. 661-662，(2002. 6，岡山市)
- [6] 岡崎久典(長崎大)，**山口隆司**，**市坪 誠**，黒田健一(岐阜大)，山崎慎一(高知高専)：都市下水処理バイオリアクター保持微生物の生態評価：第54回土木学会中国支部技術研究会講演概要集，pp. 663-664，(2002. 6，岡山市)
- [6] **山口隆司**，山崎慎一(高知高専)，荒木信夫(長岡高専)，原田秀樹(長岡技科大)：低濃度排水処理バイオリアクターの保持微生物生態評価：土木学会第57回年次学術講演会講演概要集・部門，CD-ROM，DISC2，pp. 339-340，(2002. 9，札幌)
- [6] **山口隆司**，山崎慎一(高知高専)，荒木信夫(長岡高専)，原田秀樹(長岡技科大)：U A S B－接触酸化処理システムの下水処理性能に及ぼす温度の影響：土木学会第57回年次学術講演会講演概要集・部門，CD-ROM，DISC2，pp. 341-342，(2002. 9，札幌)
- [6] 川上周司(長岡高専)，塚本雄介(〃)，荒木信夫(〃)，**山口隆司**，山崎慎一(高知高専)：PCR-DGGE法を用いた都市下水処理リアクターにおける硫黄酸化細菌優占菌種の特定：第20回土木学会新潟会調査研究発表会論文集，pp. 299-300，(2002. 11，長岡)
- [6] 押木守(長岡高専)，竹林賢(〃)，荒木信夫(〃)，**山口隆司**，山崎慎一(高知高専)：異運転条件下におけるアンモニア酸化細菌由来 amoA-mRNAの動態解析：第20回土木学会新潟会調査研究発表会論文集，pp. 301-302，(2002. 11，長岡)
- [6] 谷川大輔(呉高専本科)，**山口隆司**，荒木信夫(長岡高専)，山崎慎一(高知高専)，原田秀樹(長岡技科大)：都市下水処理を対象とした嫌気性排水処理装置の運転特性評価：第39回環境工学研究フォーラム講演集，pp. 32-34，(2002. 11，高知)
- [6] 竹林賢(長岡高専)，荒木信夫(〃)，**山口隆司**，山崎慎一(高知高専)：担体充填型窒素除去リアクターにおける機能遺伝子のmRNA発現量解析：第39回環境工学研究フォーラム講演集，pp. 35-37，(2002. 11，高知)
- [6] 塚本雄介(長岡高専)，荒木信夫(〃)，**山口隆司**，山崎慎一(高知高専)，長野晃弘(三機工業)：分子生物学的手法を用いた脱窒細菌の定量法の開発：第39回環境工学研究フォーラム講演集，pp. 38-40，(2002. 11，高知)
- [6] 中村明靖(長岡技科大)，荒木信夫(長岡高専)，井口晃徳(長岡技科大)，**山口隆司**，山崎慎一(高知高専)，原田秀樹(長岡技科大)：硝化汚泥中のamoA遺伝子の定量とその発現量の解析：第18回日本微生物生態学会講演要旨集，p. 89，(2002. 11，津)
- [7] **山口隆司**，山崎慎一(高知高専)，霜崎敏(コトブキ技研工業)，長野晃弘(三機工業)：排水処理方法及び排水処理装置：特願2002-317967，(2002. 11)

- [1] 森伸一郎(愛媛大学), 掛水真一(愛媛大学), 俵司(MS設計株式会社), 村上ひとみ(山口大学), 河原莊一郎(松江高専), 向谷光彦(高松高専), **重松尚久**, 山下裕一(荒谷コンサルタント) : 2001年芸予地震のアンケート調査による推定震度の精度のばらつき : 第11回日本地震シンポジウム講演論文集CD-ROM, 論文番号2, (2002年11月)
- [6] 小林康成(呉高専専攻科), **重松尚久**, 室達朗(愛媛大学) : 軟弱地盤上を走行する履帯式車両の走行性に履帯長の影響について : 第54回平成14年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp665-666, (2002年5月, 岡山)
- [6] 松山友彦(熊本大学), **重松尚久**, 森伸一郎(愛媛大学) : 芸予地震における広島県内のアンケート震度調査 : 第54回平成14年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp271-272, (2002年5月, 岡山)
- [6] **重松尚久**, 森伸一郎(愛媛大学), **河村進一**, 俵司(MS設計株式会社) : 2001年芸予地震における広島県内のアンケート震度調査および呉市の被害について : 第57回土木学会全国大会年次学術講演会, III-512, (2002年9月)
- [6] 小林康成(呉高専専攻科), **重松尚久**, 室達朗(愛媛大学) : 軟弱地盤上を走行する履帯式車両の走行性に関する研究 : 第57回土木学会全国大会年次学術講演会, I-752, (2002年9月)
- [1] 福岡捷二(広島大), **黒川岳司**, 上原浩(パシフィックコンサルタンツ), 三浦心(建設技術研究所), 船橋昇治(国土交通省) : 低気圧および台風の移動形態の違いが汽水湖の流動・水質場に与える影響 : 土木学会論文集, No. 712/II-60, pp. 137-150, (2002)
- [1] 福岡捷二(広島大), 三浦心(建設技術研究所), **黒川岳司**, 松下智美(広島大), 船橋昇治(国土交通省) : 強固な密度成層を有する水域における下層内の流動と水質変化 : 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 356-360, (2002)
- [6] 松下智美(広島大), 三浦心(建設技術研究所), 福岡捷二(広島大), **黒川岳司**, 船橋昇治(国土交通省) : 気象変化に伴う中海下層の流れと水質変動に関する研究 : 第54回土木学会中国支部研究発表会, (2002. 6, 岡山市)
- [6] 志和充将(呉高専専攻科), **黒川岳司**, 福岡捷二(広島大), 今岡俊和(国土交通省), 三浦心(建設技術研究所), 松下智美(広島大) : 宍道湖における気象変化に伴う流動に関する研究 : 第54回土木学会中国支部研究発表会, (2002. 6, 岡山市)
- [6] 松下智美(広島大), 三浦心(建設技術研究所), 福岡捷二(広島大), **黒川岳司**, 船橋昇治(国土交通省) : 連結系汽水湖における流れと水質分布に及ぼす密度界面の役割 : 土木学会第57回年次学術講演会, (2002. 9, 札幌市)
- [6] **河村進一** : 角柱に作用する空気力のスパン方向変化について : 第54回土木学会中国支部研究発表会, pp. 25-26, (2002年6月, 岡山市)
- [1] **山岡俊一**, 藤田素弘(名工大) : 環境経済的な価値分類を考慮した生活環境整備事業の市民意識評価ーコミュニティ・ゾーン形成事業を中心としてー : 都市計画論文集, No. 37, pp. 193-198, (2002)
- [6] **山岡俊一**, 藤田素弘(名工大), 塚原真理子(リ), 松井寛(名城大) : コミュニティ・ゾーンに対する住民の価値意識に関する研究 : 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM), pp. 477-478, (2002)
- [6] 塚原真理子(名工大), **山岡俊一**, 藤田素弘(名工大) : コミュニティ・ゾーン形成事業に対する住民意識と支払意志額の因果構造に関する研究 : 土木計画学研究・講演集, Vol. 26 (CD-ROM), (2002)

- [6] 塚原真理子(名工大), **山岡俊一**, 藤田素弘(名工大) : コミュニティ・ゾーン形成事業に対する地区住民の価値意識に関する研究 : 第13回日本都市計画学会中部支部研究発表会論文・報告集, pp. 41-44, (2002)

## 建築学科

- [5] **西村光正**, **門前勝明**, 荒川智輝(呉高専専攻科), 芳賀保夫(福山大) : 芸予地震(2001)における広島県の液状化現象に関する一考察 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第64号, pp. 53-61, (平成14年8月)
- [6] **西村光正**, 芳賀保夫(福山大) : 摩擦群杭の地盤改良効果について 1) 砂地盤等 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 441-444, (平成14年3月)
- [6] **西村光正**, 芳賀保夫(福山大) : 摩擦群杭の地盤改良効果について 2) 埋め立てシラス : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 445-448, (平成14年3月)
- [6] 村上幸(呉高専専攻科), **西村光正**, **正野崎昭二**, **福原安洋**, **門前勝明**, **松野一成**, 砂本文彦(広島国際大), 倉田浩充(呉高専専攻科) : 芸予地震における呉市の被害について(その3. 学校建築, および歴史的建造物) : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, p. 9-12, (2002. 3, 広島)
- [1] **藤井 健**, **緒方信一郎**, **石井 仁** : 音源と吸音面の位置関係を考慮した室内平均騒音レベルの計算法 : 騒音制御, Vol. 26 No. 6, 404P-409P (2002. 12)
- [3] **福原安洋**(分担執筆) : 新しい鉄筋コンクリート構造 : 森北出版, (2002. 4)
- [6] 倉田浩充(呉高専専攻科), **福原安洋**, 村上 幸(呉高専専攻科) : 芸予地震における呉市の学校建築被害の考察 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 373-376, (平成14年3月)
- [6] 阪井憲司(呉高専専攻科), **福原安洋**, 小川愛子(呉高専本科), 藤本由紀(呉高専本科) : 加工砂製造時に生じる廃棄泥分の利用について(消石灰を用いた硬化材料) : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 81-84, (平成14年3月)
- [6] **正野崎昭二**, **西村光正**, **福原安洋**, **門前勝明**, **松野一成**, 砂本文彦(広島国際大) : 芸予地震における呉市の被害について(その2. 木造住宅, および宅地) : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, p. 5-8, (2002. 3, 広島)
- [1] **篠部 裕** : まちづくり学習かるたを用いた都市計画の基礎知識の学習方法 : 日本都市計画学会、都市計画論文集, 第37号, pp. 439-444, (2002年)
- [6] 伊野睦子(呉高専専攻科), 砂本文彦(広島国際大), **篠部 裕**, **間瀬実郎** : 呉市斜面住宅地における電動機付自転車の活用に関する研究 : 日本建築学会2002年度大会(北陸) 学術講演梗概集F-1, pp. 795-796, (2002年8月, 金沢大)
- [6] 加藤咲奈(呉高専専攻科), 砂本文彦(広島国際大), **篠部 裕**, **間瀬実郎** : 「まちづくりデザインかるた」の提案と検証 公園づくりワークショップにおいて : 日本建築学会2002年度大会(北陸) 学術講演梗概集F-1, pp. 927-928, (2002年8月, 金沢大)

- [6] 砂本文彦(広島国際大), **篠部 裕** : 現代建築における屋上庭園の系譜に関する研究 その1 屋上庭園を有する建築作品の頻出傾向と空間を規定する用語 : 日本建築学会2002年度大会(北陸) 学術講演梗概集F-2, pp. 561-562, (2002年8月, 金沢大)
- [6] **篠部 裕**, 砂本文彦(広島国際大) : 現代建築における屋上庭園の系譜に関する研究 その2 言説からみた屋上庭園の設計意図 : 日本建築学会2002年度大会(北陸) 学術講演梗概集F-2, pp. 563-564, (2002年8月, 金沢大)
- [6] 加藤咲奈(呉高専本科), 砂本文彦(広島国際大), **篠部 裕**, **間瀬実郎** : 公園づくりワークショップにおける「まちづくりデザインかるた」の提案と検証 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 817-820, (2002年3月, 広島工大)
- [6] 伊野睦子(呉高専本科), 砂本文彦(広島国際大), **篠部 裕**, **間瀬実郎** : 斜面住宅地における電動機付き自転車の活用に関する研究 一呉市の場合一 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 869-872, (2002年3月, 広島工大)
- [6] 井原珠生(呉高専本科), 砂本文彦(広島国際大), **篠部 裕** : 新建築「1950年~2000年」からみた屋上庭園の系譜 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 1017-1020, (2002年3月, 広島工大)
- [6] **篠部 裕** : まちづくり学習かるたを用いた都市計画の基礎知識の学習方法について : 日本建築学会関東支部72回研究報告集II, pp. 385-388, (2002年3月, 東京機械製作所)
- [5] **緒方信一郎**, **藤井 健**, **正野崎昭二** : デザイン作品の公開展示とその教育効果 一呉高専建築学科作品展を通して一 : 平成14年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp. 69-72, (2002)
- [6] **門前勝明** : 2001年芸予地震における地震動の強さ : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, 345-348, (平成14年3月, 広島)
- [5] **門前勝明**, 部谷悠也(森組), 藤川大使(甲陽音楽院) : 2001年芸予地震による鉄筋コンクリート造建物の変形 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第64号, pp. 63-67, (平成14年8月)
- [6] 小谷竜也(呉高専専攻科), **間瀬実郎** : 建築設計のための周辺地形モデルに関する研究 一評価と考察一 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 1061-1064, (平成14年3月)
- [6] 山本仁美(呉高専専攻科), **間瀬実郎** : 室内空間認知のための図形要素に関する研究 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 1065-1068, (平成14年3月)
- [6] 河野友紀(呉高専専攻科), **間瀬実郎**, **小林隆暁** : 街路空間アニメーションの成立条件に関する研究 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 1069-1072, (平成14年3月)
- [6] 天野大輔(呉高専専攻科), **間瀬実郎** : ヴァーチャルモデルルームによる眺望シミュレーションシステム 近景オブジェクトについての検証 : 2002年度日本建築学会大会学術講演梗概集A-2, pp. 455-456, (平成14年8月)
- [2] **Jin ISHII** : A Study of the Thermal Comfort of College Students for a year : 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology Joint with the International Congress on Biometeorology, 24-27, (2002.10, Kansas City, USA)
- [6] 田中康介(呉高専専攻科), **石井仁** : 呉市街地における都市気候測定 : 日本建築学会中国支部研究報告集,

第25巻, 465-468, (2002)

- [6] 金本真紀(呉高専専攻科), **石井仁**, 神鳥恵美(呉高専本科), 東安奈(〃): 杉材を用いた押入の温湿度測定: 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, 517-520, (2002)
- [6] 竹内大樹(呉高専専攻科), **石井仁**, 松本真奈美(呉高専専攻科), 松尾涼香(フリー): 高等専門学校における温熱環境の評価: 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, 525-528, (2002)
- [6] 田中康介(呉高専専攻科), **石井仁**: 呉市街地における都市気候測定: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 651-652, (2002)
- [6] 金本真紀(呉高専専攻科), **石井仁**: 収納空間における温湿度測定: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 319-320, (2002)
- [1] **松野一成**, **藤井健**, **正野崎昭二**, **岡本二郎**, **間瀬実郎**: 全国高等専門学校建築シンポジウムの歩みと今後の展望: 平成14年度高専教育講演論文集, p. 13-16, (2002. 8)
- [1] **松野一成**, 角徹三(豊橋技科大): 連続繊維シートによるRC部材の付着割裂強度増大効果 第2報 部材実験による付着強度式の検証: 日本建築学会構造系論文集, 第556号, p. 117-122, (2002. 6)
- [1] **松野一成**, 角徹三(豊橋技科大), 田村冬樹(豊橋技科大): 連続繊維シートで補強されたRC部材の付着割裂破壊時のせん断耐力: コンクリート工学年次論文集, 第24号第2巻, p. 1255~1260, (2002. 6)
- [2] T.KAKU(豊橋技科大), S.KONO(京都大), **K.MATSUNO**: Bond Strength of Reinforced Concrete Members onfined with Fiber Reinforced Polymer Sheet: Proceedings of fib2002 Osaka Congress, CD-ROM, (2002.10, OSAKA)
- [6] **松野一成**, 角徹三(豊橋技科大): 連続繊維シートで補強されたRC部材の付着割裂強度 その7. 付着割裂破壊時のせん断力の算定: 日本建築学会2002年度大会(北陸)学術梗概講演集C-2構造IV, CD-ROM, (2002. 9, 金沢)
- [6] **松野一成**, **西村光正**, **正野崎昭二**, **福原安洋**, **門前勝明**, 砂本文彦(広島国際大), 荒川知輝(呉高専専攻科): 芸予地震における呉市の被害について(その1. 被害概要, および地盤関連): 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, p. 1-4, (2002. 3, 広島)
- [6] 甲斐文子(呉高専本科), **松野一成**, 角徹三(豊橋技科大), 中村康雄(呉高専本科), 山本繁輝(呉高専本科): 連続繊維シート補強によるRC部材の付着割裂強度増大効果: 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, p. 289-292, (2002. 3, 広島)
- [1] **富田英夫**, 杉本俊多(広島大): デッサウ・パウハウス校舎の設計過程: 日本建築学会計画系論文集, 第551号, pp. 313-320, (2002年1月)
- [6] **富田英夫**, 杉本俊多(広島大): ドイツ・モダニズム建築の形態構成手法に関する研究 - ハンネス・マイヤーの「ドイツ労働組合総連合連合学校」 - : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第25巻, pp. 1025-1028, (2002年3月, 広島工業大学)

---

## 総合教育技術室

---

- [6] **実成憲二**：呉高専における現状－これからの技術室（部）について－：米子高専技術教育センター発足記念事業，平成14年度技術教育支援センター第2回校内研修会，（平成14年12月25日，米子高専）
- [6] **大東由喜夫**：呉高専における医工連携の現状－医療関連機器の開発－：米子高専技術教育支援センター発足記念事業，平成14年度技術教育支援センター第2回校内研修会（平成14年12月25日，米子高専）

## 編 集 委 員

京	免	進
黒	川	康 宏
江	口	誠
黒	木	太 司
森	脇	武 夫
間	瀬	実 郎

呉 工 業 高 等 専 門 学 校

研 究 報 告

第 65 号 (2003)

平成 15 年 8 月 印刷

平成 15 年 8 月 発行

編集者  
発行者

呉 工 業 高 等 専 門 学 校

〒737-8506 呉市阿賀南 2 丁目2-11

電話 (0823) 73-8406

印刷所

総合印刷 青木印刷所

〒729-2507 広島県豊田郡安浦町内海1581

電話 (0823) 84-2104

# MEMOIRS OF KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

No.65  
August, 15th Year of Heisei (2003)

## CONTENTS

1. Transformation of Modern Nation-State and Radical Reformism: A Note on Joachim Hirsch .....	Shigeya KIHARA	1
2. Habitual Exercise and Physical Fitness level in Our College Male Students -Comparison between Home Students and Dormitory Students- .....	Kazunori IWAI, Kensou TANIOKA, Takeshi SAGANO and Yoshiteru HASEGAWA	11
3. On the Flash Temperature Rise Caused by Moving Heat Source under Hertzian Contact ....	Masaki KOHNO, Hiromasa NADANO, Masakazu NAKASAKO and Masahiro TOKUNAGA	19
4. Synchronous Control between Exclusive Machines with Microcomputer and PC Controller .....	Minoru NOHARA	25
5. Die Cooling Design by Finite Element Method .....	Masakazu NAKASAKO, Hiromasa NADANO and Masaki KOHNO	31
6. Breakdown Voltage and Sustaining Voltage of a Glow Discharge in Air with a Miniature Hollow Cathode .....	Tsutomu YAMAZAKI	39
7. Trial for New Material from Wasted Mud in Producing Processing Sand .....	Yasuhiro FUKUHARA and Kenji SAKAI	45
8. Seismic Evaluation and Measures for Seismic Resisting Ability of Existing RC Dormitory Building .....	Yasuhiro FUKUHARA and Hiromitsu KURATA	51
9. Deformation of Reinforced Concrete Building and Damage of Expansion Joint during the 2001 Geiyo Earthquake .....	Yoshitaka NAKAYAMA and Katsuaki MONZEN	59
Research Activities in 2002 .....		65