

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第30巻 第1号 (通巻第54号)

平成6年8月 (1994)

目 次

| | | |
|--|--------------------|----|
| 1. 本校学生における性格・精神検査の基礎的研究 (第1報) —矢田部ギルフォード性格検査および内田クレペリン精神 検査併用の考察— | 榎 孝 雄 石 嶋 篤 司 | 1 |
| 2. 水平円柱まわりの自然対流の数値解析 | 鍋 本 暁 秀 河 口 勇 治 | 19 |
| 3. マイクロコンピュータによる物体の移動システム | 野 原 稔 | 29 |
| 4. モータコントローラによる直交座標ロボットの制御 | 野 原 稔 | 41 |
| 5. グロー放電陰極降下領域における電子の挙動 | 山 崎 勉 | 55 |
| 平成5年度本校教官による他誌発表論文一覧表 | | 73 |

本校学生における性格・精神検査の基礎的研究（第1報）

－矢田部ギルフォード性格検査および内田クレペリン精神検査併用の考察－

（一般科目） 榎 孝 雄
（一般科目） 石 嶋 篤 司

Basic Research into the Character and Psychology of Our Students (Report 1)

－The study was based upon combining the YATABE-GUILFORD Character Examination with the UCHIDA-KRAEPELIN Psychology Examination.－

Takao ENOKI
Tokushi ISHIJIMA

The manner and behavior of humans in daily life is based upon their character every action is founded on their own individuality. Problems concerning this have been studied in many ways and from various aspects. From the psychological point of view, typical methods have been by observation and investigation.

With consideration to group practice, students were given these examinations (Yatabe-Guilford Character Examination and Uchida-Kraepelin Psychology Examination) with the intention of investigating their actual condition and at the same time distinguishing between normal and abnormal cases. After methods of examination were subsequently applied together with two analyses to determine the appropriate guidance required.

I 緒 言

人間の性格および態度は、人間の日々の社会的行動に直結する問題として、人間の行動を理解する最も重要な手がかりとみなされており単に心理学の領域のみでなく精神医学、社会学の領域においても活発な研究が続けられてきている。その結果、それぞれの立場から多種多様の性格学が打ち立てられ、性格なる概念を一義的に定義することは、知能にもまして、困難であるように思われる。

また学者によると、ユングの性格学とともに心理学的原因論として性格の理解に幾多の指針をもたらしている。またクレッチメルは、体格と性格との関係を明らかにして医学的原因論を唱えユングとともに原因研究による性格へのアプローチの方法を明らかにしている。

また、文部省・体育局長 野崎弘氏は「我が国における保健体育の振興について」次のように記述している。近年における所得水準の向上、自由時間の増大、高齢化社会の伸展などの社会環境の変化は、国民の生活様式にも急激な変化をもたらし、また都市化の伸展や生活の利便化等の生活環境の変化は、身体的活動の機会を減少させるとともに、精神的負担を増大させるなど、人間の心身に大きな影響を与えている。このような状況の中で、スポーツに対する国民の関心やニーズが高まっており、

今後余暇時間の増大とともにますます高まることが予想され大きな課題であると思われる。

そこで文部省においては、昭和63年の保健体育審議会の答申「21世紀に向けたスポーツの振興方策について」に示された提言をふまえ、次のような施策を講じている。

- 1 スポーツ施設の設備充実
- 2 生涯スポーツの振興
- 3 競技スポーツの振興
- 4 学校における体育・スポーツの充実

その中から「学校における体育・スポーツ」についてみると、体力の向上および運動に親しむ態度や能力の育成の上で大きな役割を果たし、生涯スポーツの振興の観点からも大きな意義をもっていることから、教育課程の改訂、学校体育施設の整備、運動部活動を含む学校体育指導の一層の充実を図っていくことが必要であるとともに、社会教育や健康教育についても同様である。さらに旧学習指導要領の目標においては、体育を単に身体的側面だけに限定することなく、常に全人的発達に目を向けているが、個人完成は、社会的存在として、常に社会的な角度から眺めなければならない。身体の健康は、社会、ひいては人類の福祉へ個人が貢献するための基礎であるとともに、個人の身体的能力の発達、また個人のためばかりでなく、社会的な意味においてその価値を見いだすことである。すなわち体育は、健康を中核として、身体的活動を通して、この目標達成のために必要な仕事を分担しなければならないのである。このような観点から新学習指導要領においては、健康の保持増進に関する指導を学校の教育活動全体を通じて行い、生涯を通じて健康で安全な生活を送るための基礎を培うことが重要であると強調したのである。

以上のような理解に基づき、個人の性格・態度におけるその把握の方法について述べると、現在おこなわれている性格把握の方法は、性格に関する学説と同様極めて多種多様であるが、一応行動観察による方法、評定による方法、体型・体質による方法、性格検査などの心理学的検査による方法に分類される。本稿においては、心理学的検査について行い、ひいては、投影検査法、作業検査法、質問紙法の中から質問紙法を選び実施することとした。

質問紙法は質問項目にたいし答えるために、自分に不都合な質問項目にたいして、意識的あるいは無意識的に虚偽の解答を行う可能性がある。これをチェックするために虚偽尺度を備えているテストもある。ここでは、アメリカ合衆国のギルフォードの3種類の性格検査をモデルとしてつくられたもので、日本の代表的な質問紙法である「矢田部・ギルフォード性格検査」をとりあげ、その実施技術および整理の仕方に習熟し、質問紙法の性格検査を研究することとした。

II 内容と方法

A 実施について

性格検査には、投影法・評定尺度法・作業検査法および客観的測定法の他に、質問紙法がある。質問紙法は、質問項目にたいし答えるために、自分に不都合な質問項目にたいしては、意識的あるいは無意識的に虚偽の解答を行う可能性がある。これをチェックするために、虚偽尺度法を備えているテストもある。

ここでは、Y-G性格検査をとりあげ、その実施技術および整理の仕方に習熟し、質問紙法の性格検査を研究する。

Y-G性格検査は、アメリカ合衆国のギルフォードの3種類の性格検査をモデルとしてつくられたもので、日本の代表的な質問紙形式の性格検査である。

B 用 具

Y-G性格検査のテスト用紙（高校用）

テストの手引き（一部）

筆記用具（鉛筆あるいはボールペン）

Y G 性 格 検 査

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 色々な人と知り合いになるのが楽しみである | 13 知らぬ人と話すときはかたくなる | 25 こちから進んで友達を作ることが少ない |
| 2 人中ではいつも後の方に引込んでいる | 14 会などの時は人の先に立って働く | 26 会やグループの為に働くのがたのしみである |
| 3 むずかしい問題を考えるのが好きである | 15 一人きりでいたいと思うことが時々ある | 27 人のすることの裏を考えることが多い |
| 4 色々違う仕事が生きたい | 16 計画を立てるよりも早く実行がしたい | 28 じっとおとなしくしているのが苦手である |
| 5 周囲の人とうまく調子をあわせていく | 17 短い時間に沢山の仕事をする自信がある | 29 人に対してはいつも気軽に返事ができる |
| 6 いつも何かしていないと気がすまない | 18 正しいと思うことは人にかまわず実行する | 30 目上の人とでも遠慮なく議論することがある |
| 7 世の中の人は人のこととかまわないと思う | 19 スパイのような人がたくさんいる | 31 親友でもほんとうに信用することはできない |
| 8 わけもなく喜んだり悲しんだりする | 20 心配でねむれぬことがたびたびある | 32 いやな人と道で出会うと避けて通る |
| 9 人が見ていると仕事ができない | 21 人が来てうるさいと思うことがたびたびある | 33 すぐ感情を傷つけられやすい |
| 10 失敗しやすいかといつも心配である | 22 なかなか決心がつかず機会を失うことが多い | 34 人から邪魔にされはしないかと心である |
| 11 気持ちを顔にあらわしやすい | 23 興奮するとすぐ涙が出る | 35 早く決心すればよかったと悔やむことが多い |
| 12 時々何に対しても興味がなくなる | 24 人中にいてもふと淋しくなることがある | 36 時々自分をつまらぬ人間だと思ふことがある |
| 37 人目に立つようなことは好まない | 49 異性（男なら女）の友達はほとんどできない | 61 人と広くつきあうのが好きである |
| 38 自分で話すより、人の話を聞く方である | 50 世話役はいつも人に頼むことにしている | 62 目上の人の前に出るとかたくなる |
| 39 実行する前に考えなおしてみることが多い | 51 会話の最中にふと考えこむことがある | 63 何でもよく考えてみないと気がすまない |
| 40 いつも何か刺激を求める | 52 よく考えずに行動してしまうことが多い | 64 人といっしょにはしゃぐことが多い |
| 41 困ることがあっても、ほがらかでいられる | 53 てきばきと物事をかたずける | 65 仕事は人よりずっと速い方である |
| 42 衝動的である（自分がおさえられない） | 54 失礼なことをされるとだまっていけない | 66 平凡に暮らすより何か変わったことがしたい |
| 43 人がみていないと大てうの人は怠けると思う | 55 人の親切には下心がありそうで不安である | 67 人は結局利欲のために働くのだと思う |
| 44 とてもありそうもないことを空想する | 56 頭がよくなったり、悪くなったりきまらない | 68 たびたびねつかれないで困ることがある |
| 45 人の品行（行い）が気になるたちである | 57 人から見られているようで不安である | 69 ちょっとしたことが仕事の邪魔になる |
| 46 人前で顔が赤くなるので困ることが多い | 58 劣等感（人に劣る感じ）になやまされる | 70 人と違うことは恥ずかしくてできない |
| 47 気分がしばしば動揺する | 59 ちょっとしたことでもひどく驚くことがある | 71 時々気が散って考えがまとまらない |
| 48 理由もなく不安になることが時々ある | 60 たびたび物思いに沈むことがある | 72 たびたび過去の失敗をよくよく考える |
| 73 誰とでもよく話す | 89 新しいことにすぐなれる | 105 気むずかしい |
| 74 引込みじあんである | 90 軽蔑されたと思うとひどく腹が立つ | 106 何かにつけて自信がない |
| 75 用心深いたちである | 91 たびたび人の気持を確かめてみたい | 107 すぐ不機嫌になる |
| 76 口数が多い方である | 92 時々ボカンとしていることがある | 108 ぼんやり考えこむことがある |
| 77 いきいきしている | 93 心配性である | 109 人中に出てまごつかない |
| 78 気が短い | 94 困難にぶつくと気がくじける | 110 人前で話すのは気がひける |
| 79 不満が多い | 95 こうふんしやすい | 111 深く物事を考える傾向がある |
| 80 時々誰かに打ち明け話がしたい | 96 たびたびゆうつになる | 112 気がるなたちである |
| 81 神経質である | 97 無口である | 113 動作がきびきびしている |
| 82 すぐうろたえるたちである | 98 はにかみやである | 114 退屈な時は何か強い刺激を求める |
| 83 気が変わりやすい | 99 のんきなたちである | 115 人は私を十分認めてくれない |
| 84 いつも疲れた気持である | 100 早合点の傾向がある | 116 座っていても気分が落ちつかない |
| 85 新しい友達はなかなかできない | 101 大体いつも機嫌がよい | 117 小さいことを気に病む |
| 86 人のあつかいがうまい | 102 色々な世間の活動が生きたい | 118 あまり迷わず決心がつく |
| 87 たびたび考え込むことがある | 103 自分はいつも運が悪い | 119 感情的である |
| 88 お祭りさわががすきである | 104 空想にふけるのが楽しみである | 120 たびたび元気がなくなる |

C テスト内容

Y-G性格検査の性格特性は、12の下位尺度で構成され、強調または逆強調した文章で表している。12の尺度はそれぞれ尺度名の英語の頭文字によるものでつぎのとうりである。

| | | | |
|----|----|--------|---------------------------|
| D | -- | 抑うつ性 | (Depression) |
| C | -- | 回帰性傾向 | (Cyclic Tendency) |
| I | -- | 劣等感 | (Inferiority Feelings) |
| N | -- | 神経質 | (Nervousness) |
| O | -- | 客観性欠除 | (Lack of Objectivity) |
| Co | -- | 協調性欠除 | (Lack of Cooperativeness) |
| Ag | -- | 無愛想 | (Lack of Agreeableness) |
| G | -- | 一般的活動性 | (General Activity) |
| R | -- | のんきさ | (Rhathymia) |
| T | -- | 思考的外向 | (Thinking Extraversion) |
| A | -- | 支配性 | (Ascendance) |
| S | -- | 社会的外向 | (Social Extraversion) |

また、それぞれスコアの高低によって意味のとらえる方向が異なってくる。つぎにあげるものは、各性格尺度のスコアの高スコア（標準点5.4）低スコア（標準点1.2）別にみる概念のみを説明したものである。

| | <u>低スコア</u> | <u>高スコア</u> |
|----|-------------|-------------|
| D | 抑うつ性小 | 抑うつ性大 |
| C | 気分の変化小 | 気分の変化大 |
| I | 劣等感小 | 劣等感大 |
| N | 神経質でない | 神経質 |
| O | 客観的 | 主観的 |
| Co | 協調的 | 非協調的 |

| | <u>低スコア</u> | <u>高スコア</u> |
|----|-------------|-------------|
| Ag | 攻撃的でない | 攻撃的 |
| G | 非活動的 | 活動的 |
| R | のんきでない | のんき |
| T | 思考的内向 | 思考的外向 |
| A | 服従的 | 支配性大 |
| S | 社会的内向 | 社会的外向 |

以上のように12の性格尺度（D・C・I・・・T・A・S）にはそれぞれ固有の意味をもっているが、それと同時に関連して1つの性格特徴を示し、6個のグループ（尺度）に分類されている。それぞれつぎのような関連性であるが、尺度の名称については、プロフィール上において右側の方向にあたり、左側の方向では尺度の名称はそれぞれ逆方向となる。

| | | |
|---------|-----|---------|
| D・C・I・N | --- | 情緒不安定性 |
| O・Co・Ag | --- | 社会的不適応性 |
| Ag・G | --- | 活動性 |
| G・R | --- | 衝動性 |

| | | |
|-----|-----|------|
| R・T | --- | 非内省性 |
| A・S | --- | 主導性 |

D 実施方法

被検者の適用学年・年令は、機械工学科2学年43名、電気工学科2学年39名、土木工学科2学年41名、建築学科2学年41名と年令については16才～17才で高校生用が用意されている。

テスト用紙の配布をおこなったら、必要事項の記入をさせる。そして「作者のことば」をゆっくり読み、回答の仕方を説明する。本検査が1題ずつ質問項目を読み、回答を求めるという「強制速度法」によって施行することを被検者につたえておく。その他、実施法については、「検査実施手引き」に詳しいので、それに従って実施することにした。

実施にあたり、とくに留意しておくことは、回答の修正が、後から直した方を黒く塗りつぶすようになっていることと、途中で質問項目の意味について質問があった場合には、説明をしないので、△印をつけさせることなどである。

E テストの実施時間

質問項目を読み上げる時間は、年令、言語理解能力および作業速度に従って決める。所要時間は、テスト前の説明時間を加えて、およそ40分以内である。

参考までに今回の質問文読み上げ時間は、機械工学科 14:06、電気工学科 14:22、土木工学科 14:15、建築学科 14:13であった。

F 結果の処理

1. 粗点算出方法

被検者の反応した○印や△印および●印や▲印を、DCI……TASと各段（12尺度）ごとに横に集計する。採点については○印2点、△印1点、●印および▲印は零点（採点しない）として集計をするが、なにも印のついていない段については、零点とした。すなわち、●印および▲印は被検者による修正回答であって、心理テスト一般の習慣に従い第一印象を重要視するため、計算には加えていないのである。

2. 尺度のプロフィール記入方法

類型判定の先行作業の一種であるプロフィール線を描くために、既に計算済みの粗点を転記（打点）するが、その方法は各尺度ごとに、男性は上段（ゴシック体）、女性は（イタリック体）の該当点数を○で囲み、つぎに全体的な傾向を見やすくするために、各○段を直線で結ぶことによってプロフィール作図が終了する。

3. 系統値の算出方法

系統値とはYG検査における性格特性を5種類に大別し、さらに各類ごとに判定するために、求めなければならない値で、計算方法はつぎにあげるものとした。なおプロフィールを5分割と考えるために、標準点の1および2点の範囲、3点の範囲、4および5点の範囲を3分割しCo・Agの尺度を境とし、次のような図の通りである。

| 標準点 | 1ブロック | 2ブロック | 3ブロック | 4ブロック | 5ブロック |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| I | | D系統値 | | | E系統値 |
| N | | | | | |
| O | | | | | |
| Co | | C系統値 | A系統値 | B系統値 | |
| Ag | | | | | |
| G | | | | | |
| R | | | | | |
| T | | E系統値 | | D系統値 | |
| A | | | | | |
| S | | | | | |

- ・ E系統値
1ブロックと2ブロックの下半部と、4ブロックと5ブロックの上半部に記入された打点の合計数。
- ・ C系統値
1ブロックと2ブロックの上下に記入された打点の合計数。
- ・ A系統値
3ブロックに記入された打点の合計数。
- ・ B系統値
4ブロックと5ブロックの上下に記入された打点の合計数。
- ・ D系統値
1ブロックと2ブロックの上半部と、4ブロックと5ブロックの下半部に記入された打点の合計数。

4. 類型判定の方法

まず、プロフィールの打点より計算された各系統値より、最大値（単純最大値）の有無、最大値が2つ以上ある（同数最大）場合の有無を調べることからはじめ次の方法によって判定される。また、3つの型と5つ類との組み合わせから次の15の類型に分類される。

型判定の分類表

| 型 \ 類 | A 類 | B 類 | C 類 | D 類 | E 類 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 典 型 | A 型 | B 型 | C 型 | D 型 | E 型 |
| 準 型 | A' 型 | B' 型 | C' 型 | D' 型 | E' 型 |
| 混 合 型 | A'' 型 | A B 型 | A C 型 | A D 型 | A E 型 |

ア) 典型 (A・B・C・D・E) の判定

最大値が1つしかなく、次の条件を満たした場合、それぞれA・B・C・D・E型の典型と判断する。

A = 9以上…A型, B = 8以上…B型, C = 7以上…C型, D = 9以上…D型, E = 9以上…E型

イ) 準型 (A'・B'・C'・D'・E') の判定

最大値が1つしかなく、典型の最低基準よりも少ない数で、次の条件の場合、それぞれA'・B'・C'・D'・E'型の準型と判定する。

A = 8…A'型, B = 7～6…B'型, C = 6…C'型, D = 8～6…D'型, E = 8～6…E'型

ウ) 混合型の判定

a A系統値の最大値が(7～5)を示し、他の系統値が4以下の場合、A類の混合型A"型になる。

b A系統値が7～6で単純最大の場合

B = 5, B : E = 5 : 5, B : D = 5 : 5 AB型

C = 5, C : D = 5 : 5, C : E = 5 : 5 AC型

D = 5 (A : D = 7 : 5, 6 : 5) AD型

E = 5 (A : E = 7 : 5, 6 : 5) AE型

c 複数最大の場合

A = B { A : B = (6 : 6) B'型

A : B = (5 : 5) AB型

A : C = (6 : 6) C'型

A = C { A : C = (5 : 5) AC型

A = D (6 : 6, 5 : 5) AD型

A = E (6 : 6, 5 : 5) AE型

B = D すべてAB型

B = E すべてB'型

C = D すべてAC型

C = E すべてC'型

B = C, D = E 特例につき除外する

図1 Y-G性格検査・性格特徴分類の解説

| 類 別 | 判定 | 判 定 尺 度 | 性 格 特 徴 大 意 |
|----------------|-----|----------------------------|---|
| A 類 (平凡型) | A | 平均 | ※一般にA型のひとは特に各方面に良し悪しを示さないが、若し知能が低くて平均型を示す人は無気力、受動的で平凡な性格者。学校関係……情意向性とも概ね平均状態を示す。このタイプは他のタイプへの変動率が大きいだけに、生活指導の必要性が大いと思われる。 |
| | A' | A型の基本傾向から一部偏倚している。 | |
| | A'' | A'型が更に崩れて偏向の度合がかなり強い。 | |
| B 類 (右より型) | B | 情緒不安定、社会的不適応、積極的 | ※一般的に情緒的な面に欠陥を持ち社会的不適応、家庭環境、職場などにおける問題者、トラブルメーカー、不適応者などこの型に見られる。学校関係……情緒不安定、攻撃反応を生じ易く、衝動性の高い生徒は自己抑制力に乏しい。一般的に暴走し暴力行為等の問題傾向を生じ易い。 |
| | B' | B型の基本傾向が幾分やわらいでいるがかなり強い。 | |
| | AB | B型の傾向はあるが正常範囲との中間的存在。 | |
| C 類 (左より型) | C | 情緒的安定、社会的適応、消極的 | ※積極性に乏しい、犯罪的傾向とは凡そ縁のないタイプ。適性配置の際は積極性よりも安定性、持続性を必要とする職場がのぞましい。学校関係……消極内向的で活動性不足がち孤独感が強く交友関係が狭い。対人接触を避ける傾向がある。一層の活動性と自主積極性の涵養が必要である。 |
| | C' | C型の基本的資質に幾分他の因子が導入されている。 | |
| | AC | 基本的にはC型タイプであるが正常範囲との中間的存在。 | |
| D 類 (右下がり型) | D | 情緒的安定、社会的適応性、積極的 | ※万事に気をつけて良好な資質を持ち対人関係もうまくいくタイプ。一般には業務成績良好で勤務の安定性、定着性共によい傾向にある。学校関係……問題児であることが少なく、指導的立場で活躍し環境も順調で生活指導面でも問題性が少ない。 |
| | D' | D型の理想的な基本傾向から一部逸脱している。 | |
| | AD | 基本的にはD型タイプであるが正常範囲との中間的存在。 | |
| E 類 (左下がり型) | E | 情緒的不安定、社会的不適応性、消極的 | ※情緒不安定、社会的不適応、非活動的消極的内向的な性格。性格の弱い面が内向し自らの内部に問題を持ち易い。一般にノイローゼ傾向に陥りやすい。学校関係……自己過少評価し劣等感を持つ。集中性、持続性、気力に欠け学校成績も挙げられないことが多い。カウセンシングによる自己信頼性の確立等望まれる。 |
| | E' | E型タイプから一部脱出している。 | |
| | AE | 基本的にはE型タイプであるが正常範囲との中間的存在。 | |

表1 YG性格検査学科別標準点比較表

| 機 械 工 学 科 N = 43 | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | D | C | I | N | O | Co | Ag | G | R | T | A | S |
| 1 | 9.30 | 4.65 | 6.98 | 9.30 | 4.65 | 6.98 | 6.98 | 2.33 | 2.33 | 11.63 | 2.33 | 0.00 |
| 2 | 27.91 | 23.26 | 23.26 | 20.93 | 18.60 | 13.95 | 13.95 | 23.26 | 9.30 | 25.58 | 13.95 | 18.60 |
| 3 | 46.51 | 41.86 | 44.19 | 27.91 | 34.88 | 39.53 | 37.21 | 48.84 | 51.16 | 34.88 | 55.81 | 39.53 |
| 4 | 13.95 | 23.26 | 18.60 | 30.23 | 41.86 | 30.23 | 34.88 | 23.26 | 25.58 | 16.28 | 23.26 | 30.23 |
| 5 | 2.33 | 6.98 | 6.98 | 11.63 | 0.00 | 9.30 | 6.98 | 2.33 | 11.63 | 11.63 | 4.65 | 11.63 |
| 電 気 工 学 科 N = 39 | | | | | | | | | | | | |
| | D | C | I | N | O | Co | Ag | G | R | T | A | S |
| 1 | 2.56 | 0.00 | 2.56 | 5.13 | 2.56 | 5.13 | 2.56 | 7.69 | 2.56 | 10.26 | 2.56 | 5.13 |
| 2 | 20.51 | 30.23 | 17.95 | 17.95 | 7.69 | 15.38 | 25.64 | 25.64 | 5.13 | 25.64 | 15.38 | 17.95 |
| 3 | 35.90 | 23.08 | 46.15 | 30.77 | 28.21 | 48.72 | 43.59 | 35.90 | 56.41 | 35.90 | 38.46 | 28.21 |
| 4 | 28.21 | 38.46 | 33.33 | 28.21 | 43.59 | 25.64 | 23.08 | 25.64 | 30.77 | 28.21 | 41.03 | 43.59 |
| 5 | 12.82 | 5.13 | 0.00 | 17.95 | 17.95 | 5.13 | 5.13 | 5.13 | 5.13 | 0.00 | 2.56 | 5.13 |
| 土 木 工 学 科 N = 41 | | | | | | | | | | | | |
| | D | C | I | N | O | Co | Ag | G | R | T | A | S |
| 1 | 0.00 | 2.44 | 4.88 | 0.00 | 0.00 | 4.88 | 4.88 | 2.44 | 0.00 | 2.44 | 2.44 | 2.88 |
| 2 | 31.71 | 19.51 | 17.07 | 29.27 | 12.20 | 12.20 | 9.76 | 19.51 | 2.44 | 24.39 | 7.32 | 14.63 |
| 3 | 51.22 | 46.34 | 60.98 | 36.58 | 43.90 | 39.02 | 34.15 | 58.54 | 39.02 | 43.90 | 34.15 | 31.71 |
| 4 | 12.20 | 24.39 | 14.63 | 26.83 | 39.02 | 36.58 | 34.15 | 19.51 | 39.02 | 24.39 | 53.66 | 39.02 |
| 5 | 4.88 | 7.32 | 2.44 | 7.32 | 4.88 | 7.32 | 17.07 | 0.00 | 19.51 | 4.88 | 2.44 | 9.76 |
| 建 築 学 科 N = 41 | | | | | | | | | | | | |
| | D | C | I | N | O | Co | Ag | G | R | T | A | S |
| 1 | 9.76 | 7.32 | 12.20 | 4.88 | 0.00 | 2.44 | 0.00 | 4.88 | 4.88 | 12.20 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 21.95 | 29.27 | 21.39 | 24.39 | 21.95 | 19.51 | 24.39 | 26.83 | 12.20 | 29.27 | 17.07 | 12.20 |
| 3 | 43.90 | 41.46 | 41.46 | 39.02 | 39.02 | 46.34 | 43.90 | 53.66 | 31.71 | 19.51 | 46.34 | 34.15 |
| 4 | 21.95 | 21.95 | 24.39 | 29.27 | 24.15 | 26.83 | 19.51 | 12.20 | 36.58 | 31.71 | 31.71 | 39.02 |
| 5 | 2.44 | 0.00 | 0.00 | 2.44 | 4.88 | 4.88 | 12.20 | 2.44 | 14.63 | 7.32 | 4.88 | 14.63 |
| 全 体 N = 164 | | | | | | | | | | | | |
| | D | C | I | N | O | Co | Ag | G | R | T | A | S |
| 1 | 5.49 | 3.66 | 6.71 | 4.88 | 1.83 | 4.88 | 3.66 | 4.27 | 2.44 | 9.15 | 1.83 | 2.44 |
| 2 | 25.61 | 26.22 | 20.12 | 23.17 | 15.24 | 15.24 | 18.29 | 23.78 | 7.32 | 26.22 | 13.41 | 15.85 |
| 3 | 44.51 | 38.41 | 48.17 | 33.54 | 36.59 | 43.29 | 39.63 | 49.39 | 44.51 | 33.54 | 43.90 | 33.54 |
| 4 | 18.90 | 26.83 | 22.56 | 28.66 | 39.63 | 29.88 | 28.05 | 20.12 | 32.93 | 25.00 | 37.20 | 37.80 |
| 5 | 5.49 | 4.88 | 2.44 | 9.76 | 6.71 | 6.71 | 10.37 | 2.44 | 12.80 | 6.10 | 3.66 | 10.37 |

Ⅲ 結果と考察

表1については、学科別標準点の比較表である。

- ▲ D尺度については、機械工学科は、標準点2, 3にかなり高い水準を示し、標準点1, 4, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点2については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。土木工学科は、標準点2, 3にかなり高い水準を示し、標準点1, 4, 5については僅少が認められた。建築学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。全体的には、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。
- ▲ C尺度については、機械工学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点2, 4にかなり高い水準を示し、標準点3については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。土木工学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。建築学科は、標準点2, 3にかなり高い水準を示し、標準点4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。全体的には、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。
- ▲ I尺度については、機械工学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。土木工学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 4, 5については僅少が認められた。建築学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。全体的には、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点2, 4については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。
- ▲ N尺度については、機械工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点2については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。土木工学科は、標準点2, 3にかなり高い水準を示し、標準点4については水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。建築学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点2については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。全体的には、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点2については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。
- ▲ O尺度については、機械工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点2については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。土木工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。建築学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点2については標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。全体的には、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。
- ▲ Co尺度については、機械工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点3にかなり高い水準を示し、標準点4については標準的な水準であり、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。土木工学科

ては標準的な水準であり、標準点1, 5については僅少が認められた。電気工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。土木工学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。建築学科は、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。全体的には、標準点3, 4にかなり高い水準を示し、標準点1, 2, 5については僅少が認められた。

表2 学科別各系統値平均比較表

| 学科 | 系統値 | | E 系統値 | | C 系統値 | | A 系統値 | | B 系統値 | | D 系統値 | |
|-------------------|-----|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| 機 械 工 学 科 N=43 | T | | 140 | | T | | 129 | | T | | 216 | |
| | X | | 3.26 | | X | | 3.00 | | X | | 5.02 | |
| 電 気 工 学 科 N=39 | T | | 157 | | T | | 108 | | T | | 176 | |
| | X | | 4.03 | | X | | 2.77 | | X | | 4.15 | |
| 土 木 工 学 科 N=41 | T | | 116 | | T | | 94 | | T | | 213 | |
| | X | | 2.83 | | X | | 2.29 | | X | | 5.20 | |
| 建 築 学 科 N=41 | T | | 130 | | T | | 131 | | T | | 197 | |
| | X | | 3.17 | | X | | 3.20 | | X | | 4.80 | |
| 全 体 N=164 | T | | 543 | | T | | 462 | | T | | 802 | |
| | X | | 3.31 | | X | | 2.82 | | X | | 4.89 | |

表2については、表1の学科別標準点をもとに、それぞれ各系統値（E・C・A・B・D）の平均値を算出し、学科別に比較したものである。

- ◆ E系統値については、機械工学科3.26、電気工学科4.03、土木工学科2.83、建築学科3.17、全体3.31であり、電気工学科で高い数値が認められ、土木工学科においては僅少である。
- ◆ C系統値については、機械工学科3.00、電気工学科2.77、土木工学科2.29、建築学科3.20、全体2.82であり、電気工学科および土木工学科ならびに全体においては僅少である。
- ◆ A系統値については、機械工学科5.02、電気工学科4.15、土木工学科5.20、建築学科4.80、全体4.89であり、各学科とも高い数値が認められた。
- ◆ B系統値については、機械工学科3.98、電気工学科4.72、土木工学科4.15、建築学科4.00、全体4.29であり、機械工学科は僅差であるが各学科とも高い数値が認められた。
- ◆ D系統値については、機械工学科3.72、電気工学科3.46、土木工学科3.98、建築学科4.02、全体3.80であり、土木工学科は僅差であるが建設学科とともに高い数値が認められた。

表3については、学科別に類型判定および出現率を比較したものである。

- 典型について述べると、機械工学科27.91%、電気工学科23.08%、土木工学科24.39%、建築学科36.59%、全体28.05%であり、建築学科で高い数値が認められた。
- 準型について述べると、機械工学科46.51%、電気工学科51.28%、土木工学科39.02%、建築学科31.71%、全体42.07%であり、各学科とも高い数値を示し、中でも機械工学科および電気工学科ならびに全体においては非常に高い数値が認められた。

表3 学科別類型判定および出現率比較表

| 機械工学科 (N = 43) | | | | | | | | 電気工学科 (N = 39) | | | | | | | | | | | |
|----------------|----|--------|---|--------|---|--------|---|----------------|--|-----|----|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--|
| 型 | | 典 型 | | 準 型 | | 混合型 | | 出現率 | | 型 | | 典 型 | | 準 型 | | 混合型 | | 出現率 | |
| 類 | | | | | | | | | | 類 | | | | | | | | | |
| A類 | 10 | A | 2 | A' | 3 | A'' | 5 | 23.26% | | A類 | 5 | A | 0 | A' | 3 | A'' | 2 | 12.82% | |
| B類 | 12 | B | 3 | B' | 8 | AB | 1 | 27.91% | | B類 | 13 | B | 3 | B' | 7 | AB | 3 | 33.33% | |
| C類 | 6 | C | 2 | C' | 4 | AC | 0 | 13.95% | | C類 | 2 | C | 1 | C' | 0 | AC | 1 | 5.13% | |
| D類 | 8 | D | 3 | D' | 2 | AD | 3 | 18.60% | | D類 | 10 | D | 1 | D' | 6 | AD | 3 | 25.64% | |
| E類 | 7 | E | 2 | E' | 3 | AE | 2 | 16.28% | | E類 | | E | 4 | E' | 4 | AE | 1 | 23.08% | |
| 出現率 | | 27.91% | | 46.51% | | 25.58% | | | | 出現率 | | 23.08% | | 51.28% | | 25.64% | | | |

| 土木工学科 (N = 41) | | | | | | | | 建築学科 (N = 41) | | | | | | | | | | | |
|----------------|----|--------|---|--------|---|--------|---|---------------|--|-----|----|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--|
| 型 | | 典 型 | | 準 型 | | 混合型 | | 出現率 | | 型 | | 典 型 | | 準 型 | | 混合型 | | 出現率 | |
| 類 | | | | | | | | | | 類 | | | | | | | | | |
| A類 | 11 | A | 3 | A' | 3 | A'' | 5 | 26.83% | | A類 | 9 | A | 2 | A' | 2 | A'' | 5 | 21.95% | |
| B類 | 13 | B | 4 | B' | 3 | AB | 6 | 31.71% | | B類 | 14 | B | 2 | B' | 5 | AB | 7 | 34.15% | |
| C類 | 2 | C | 1 | C' | 0 | AC | 1 | 4.88% | | C類 | 7 | C | 5 | C' | 1 | AC | 1 | 17.07% | |
| D類 | 11 | D | 1 | D' | 7 | AD | 3 | 26.83% | | D類 | 9 | D | 6 | D' | 3 | AD | 0 | 21.95% | |
| E類 | 4 | E | 1 | E' | 3 | AE | 0 | 9.76% | | E類 | 2 | E | 0 | E' | 2 | AE | 0 | 4.88% | |
| 出現率 | | 24.39% | | 39.02% | | 36.59% | | | | 出現率 | | 36.59% | | 31.71% | | 31.71% | | | |

| 全 体 (N = 164) | | | | | | | | | |
|---------------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|--|
| 型 | | 典 型 | | 準 型 | | 混合型 | | 出現率 | |
| 類 | | | | | | | | | |
| A類 | 35 | A | 7 | A' | 11 | A'' | 17 | 21.34% | |
| B類 | 52 | B | 12 | B' | 23 | AB | 17 | 31.71% | |
| C類 | 17 | C | 9 | C' | 5 | AC | 3 | 10.37% | |
| D類 | 37 | D | 11 | D' | 18 | AD | 9 | 23.17% | |
| E類 | 22 | E | 7 | E' | 12 | AE | 3 | 13.41% | |
| 出現率 | | 28.05% | | 42.07% | | 29.88% | | | |

■ 混合型について述べると、機械工学科25.58%、電気工学科25.64%、土木工学科36.59%、建築学科31.71%、全体29.88%であり、土木工学科および建築学科で高い数値が認められた。

■ A類について述べると、機械工学科23.26%、電気工学科12.82%、土木工学科26.83%、建築学科21.95%、全体21.34%であり、電気工学科以外で高い数値が認められた。

■ B類について述べると、機械工学科27.91%、電気工学科33.33%、土木工学科31.71%、建築学科34.15%、全体31.71%であり、土木工学科および建築学科で高い数値が認められた。

■ 混合型について述べると、機械工学科25.58%、電気工学科25.64%、土木工学科36.59%、建築学科31.71%、全体29.88%であり、土木工学科および建築学科で高い数値が認められた。

■ A類について述べると、機械工学科23.26%、電気工学科12.82%、土木工学科26.83%、建築学科21.95%、全体21.34%であり、電気工学科以外で高い数値が認められた。

■ B類について述べると、機械工学科27.91%、電気工学科33.33%、土木工学科31.71%、建築

学科34.15%、全体31.71%であり、各学科ともかなり高い数値が認められた。

■ C類について述べると、機械工学科13.95%、電気工学科5.13%、土木工学科4.88%、建築学科17.07%、全体10.37%であり、電気工学科および土木工学科において僅少であることが認められた。

■ D類について述べると、機械工学科18.60%、電気工学科25.64%、土木工学科26.83%、建築学科21.95%、全体23.17%であり、電気工学科および土木工学科ならびに建築学科さらに全体において高い数値が認められた。

■ E類について述べると、機械工学科16.28%、電気工学科23.08%、土木工学科9.76%、建築

学科4.88%, 全体13.41%であり, 電気工学科で高い数値が認められ, 土木工学科および建築学科で僅少であることが認められた。

表4については, 学科別性格特徴を比較したものである。

情緒安定性については,

- 安定型——機械工学科13.95%, 電気工学科5.13%, 土木工学科4.88%, 建築学科24.39%, 全体12.20%であり, 建築学科の数値の傾向が大であり, 機械工学科および全体においては, 数値の傾向が僅少で, 電気工学科および土木工学科においては, 数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。
- やや安定型——機械工学科9.30%, 電気工学科10.26%, 土木工学科14.63%, 建築学科19.51%, 全体13.41%であり, 建築学科の数値の傾向が大であり, 機械工学科においては, 数値の傾向が僅少で, 機械工学科においては, 数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。
- 平均型——機械工学科32.56%, 電気工学科38.46%, 土木工学科41.46%, 建築学科21.95%, 全体33.54%であり, 各学科とも数値の傾向が大であり, 中でも土木工学科においては, 数値の傾向が極めて大である。
- やや不安定型——機械工学科27.91%, 電気工学科20.64%, 土木工学科26.83%, 建築学科34.15%, 全体27.44%であり, 各学科とも数値の傾向が大である。
- 不安定型——機械工学科16.28%, 電気工学科25.64%, 土木工学科12.20%, 建築学科0.00%, 全体13.41%であり, 電気工学科の数値の傾向が大であり, 機械工学科および土木工学科ならびに全体においては, 数値の傾向が僅少で, 建築学科においては, 該当する者がいない。

社会的適応性については,

- 適応型——機械工学科4.65%, 電気工学科5.13%, 土木工学科4.88%, 建築学科0.00%, 全体3.66%であり, 機械工学科および電気工学科ならびに土木工学科さらに全体においては, 数値の傾向が極めて僅少であることが認められ, 建築学科においては, 該当する者がいない。
- やや適応型——機械工学科4.65%, 電気工学科2.56%, 土木工学科0.00%, 建築学科14.63%, 全体5.49%であり, 各学科とも数値の傾向が極めて僅少であることが認められ, 土木学科においては, 該当する者がいない。
- 平均型——機械工学科41.86%, 電気工学科35.90%, 土木工学科48.78%, 建築学科51.22%, 全体44.51%であり, 各学科とも数値の傾向が大であり, 中でも機械工学科および土木工学科ならびに建築学科さらに全体においては, 数値の傾向が極めて大である。
- やや不適応型——機械工学科39.53%, 電気工学科33.33%, 土木工学科39.02%, 建築学科26.83%, 全体34.76%であり, 各学科とも数値の傾向が大である。
- 不適応型——機械工学科9.30%, 電気工学科23.08%, 土木工学科7.32%, 建築学科7.32%, 全体11.59%であり, 電気工学科の数値の傾向が大であり, 機械工学科および全体においては, 数値の傾向が僅少で, 土木工学科および建築学科においては, 数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。

表4 YG性格検査学科別性格特徴比較表

| 学科 性格特徴 | | 機械工学科 (N = 43) | 電気工学科 (N = 39) | 土木工学科 (N = 41) | 建築学科 (N = 41) | 全 体 (N = 164) |
|------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 情緒安定性 | 安定 | 13.95 | 5.13 | 4.88 | 23.39 | 12.20 |
| | やや安定 | 9.30 | 10.26 | 14.63 | 19.61 | 13.41 |
| | 平均 | 32.56 | 38.46 | 41.46 | 21.95 | 33.54 |
| | やや不安定 | 27.91 | 20.51 | 26.83 | 34.15 | 27.44 |
| | 不安定 | 16.28 | 25.64 | 12.20 | 0.00 | 13.41 |
| 社会的適応性 | 適応 | 4.65 | 5.13 | 4.88 | 0.00 | 3.66 |
| | やや適応 | 4.65 | 2.56 | 0.00 | 14.63 | 5.49 |
| | 平均 | 41.86 | 35.90 | 48.78 | 51.22 | 44.51 |
| | やや不適応 | 39.53 | 33.33 | 39.02 | 26.83 | 34.76 |
| | 不適応 | 9.30 | 23.08 | 7.32 | 7.32 | 11.59 |
| 活動性 | 積極 | 9.30 | 7.69 | 14.63 | 7.32 | 9.76 |
| | やや積極 | 27.91 | 17.95 | 29.27 | 17.07 | 23.17 |
| | 平均 | 41.86 | 38.46 | 34.15 | 41.46 | 39.02 |
| | やや消極 | 11.63 | 30.77 | 17.07 | 31.71 | 22.56 |
| | 消極 | 9.30 | 5.13 | 4.88 | 2.44 | 5.49 |
| 内省性 | 外向 | 18.60 | 7.69 | 17.07 | 19.51 | 15.85 |
| | やや外向 | 16.28 | 28.21 | 39.02 | 24.39 | 26.83 |
| | 平均 | 39.53 | 38.46 | 31.71 | 26.83 | 34.15 |
| | やや内向 | 16.28 | 15.38 | 9.76 | 17.07 | 14.63 |
| | 内向 | 9.30 | 10.26 | 2.44 | 12.20 | 8.54 |
| 主動性 | 積極 | 13.95 | 7.69 | 9.76 | 17.07 | 12.20 |
| | やや積極 | 27.91 | 43.95 | 48.78 | 26.83 | 36.59 |
| | 平均 | 34.88 | 23.08 | 21.95 | 34.15 | 28.66 |
| | やや消極 | 20.93 | 17.95 | 14.63 | 21.95 | 18.90 |
| | 消極 | 2.33 | 7.69 | 4.88 | 0.00 | 3.66 |

活動性については、

- 積極型——機械工学科9.30%，電気工学科7.69%，土木工学科14.63%，建築学科7.32%，全体9.76%であり、各学科とも数値の傾向が僅少で、中でも電気工学科および建築学科においては、数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。
- やや積極型——機械工学科27.91%，電気工学科17.95%，土木工学科29.27%，建築学科17.07%，全体23.17%であり、機械工学科および土木工学科ならびに全体においては、数値の傾向が大である。
- 平均型——機械工学科41.86%，電気工学科38.46%，土木工学科34.15%，建築学科41.46%，全体39.02%であり、各学科とも数値の傾向が大であり、中でも機械工学科および建築学科においては、数値の傾向が極めて大である。
- やや消極型——機械工学科11.63%，電気工学科30.77%，土木工学科17.07%，建築学科31.71%，全体22.56%であり、電気工学科および建築学科ならびに全体において、数値の傾向が大であり、

機械工学科および土木工学科においては僅少であることが認められた。

- 消極型——機械工学科9.30%, 電気工学科5.13%, 土木工学科4.88%, 建築学科2.44%, 全体5.49%であり, 各学科とも数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。

内省性については,

- 外向型——機械工学科18.60%, 電気工学科7.69%, 土木工学科17.07%, 建築学科19.51%, 全体15.85%であり, 各工学科とも数値の傾向が僅少で, 中でも電気工学科においては, 数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。
- やや外向型——機械工学科16.28%, 電気工学科28.21%, 土木工学科39.02%, 建築学科24.39%, 全体26.83%であり, 電気工学科および土木工学科ならびに建築学科さらに全体において, 数値の傾向が大であり, 機械工学科においては数値の傾向が僅少であることが認められた。
- 平均型——機械工学科39.53%, 電気工学科38.46%, 土木工学科31.71%, 建築学科26.83%, 全体34.15%であり, 各学科とも数値の傾向が大である。
- やや内向型——機械工学科16.28%, 電気工学科15.38%, 土木工学科9.76%, 建築学科17.07%, 全体14.63%であり, 各学科とも数値の傾向が僅少であることが認められた。
- 内向型——機械工学科9.30%, 電気工学科10.26%, 土木工学科2.44%, 建築学科12.20%, 全体8.54%であり, 各学科とも数値の傾向が僅少であり, 中でも土木工学科および全体において, 数値の傾向が極めて僅少である。

主導性については,

- 積極型——機械工学科13.95%, 電気工学科7.69%, 土木工学科9.76%, 建築学科17.07%, 全体112.20%であり, 各学科とも数値の傾向が僅少で, 中でも電気工学科においては, 数値の傾向が極めて僅少であることが認められた。
- やや積極型——機械工学科27.91%, 電気工学科43.59%, 土木工学科48.78%, 建築学科26.83%, 全体36.59%であり, 各学科とも数値の傾向が大であり, 中でも電気工学科および土木工学科においては, 極めて数値の傾向が大である。
- 平均型——機械工学科34.88%, 電気工学科23.08%, 土木工学科21.95%, 建築学科34.15%, 全体28.66%であり, 各学科とも数値の傾向が大である。
- やや消極型——機械工学科20.93%, 電気工学科17.95%, 土木工学科14.63%, 建築学科21.95%, 全体18.90%であり, 機械工学科および建築学科の数値の傾向が大であり, 電気工学科および土木工学科ならびに全体においては, 数値の傾向が僅少であることが認められた。
- 消極型——機械工学科2.33%, 電気工学科7.63%, 土木工学科4.88%, 建築学科0.00%, 全体3.66%であり, 機械工学科および電気工学科ならびに土木工学科さらに全体においては, 数値の傾向が極めて僅少であり, 建築学科においては, 該当する者がいない。

IV 総 括

学科別に性格特徴を記述すると, まず各尺度別にどのような傾向があるのか述べると, 機械工学科については, マイナス傾向にあるのがD(抑うつ性が小さい)・I(劣等感が小さい)尺度, プラス傾向にあるのがO(主観的である)・Co(非協調性である)・Ag(攻撃的である)・R(のんきである)・A(支配性が大きい)・S(社会的外向である)尺度でその他の尺度においては, 傾向に変化が認められなかった。電気工学科については, プラス傾向にあるのがI(劣等感が小さい)・N(神経質である)・O(主観的である)・Co(非協調性である)・R(のんきである)・A(支

配性が高い）・S（社会的外向である）尺度でその他の尺度においては、傾向に変化が認められなかった。土木工学科については、マイナス傾向にあるのがD（抑うつ性が小さい）尺度、プラス傾向にあるのがC（気分の変化が大きい）・O（主観的である）・Co（非協調性である）・Ag（攻撃的である）・R（のんきである）・A（支配性が高い）・S（社会的外向である）尺度でその他の尺度においては、傾向に変化が認められなかった。建築学科について、マイナス傾向にあるのがAg（攻撃的でない）・G（非活動的である）尺度、プラス傾向にあるのがCo（非協調性である）・R（のんきである）・A（支配性が高い）・S（社会的外向である）尺度でその他の尺度においては、傾向に変化が認められなかった。全体的については、マイナス傾向にあるのがD（抑うつ性が小さい）尺度、プラス傾向にあるのがO（主観的である）・Co（非協調性である）・Ag（攻撃的である）・R（のんきである）・A（支配性が高い）・S（社会的外向である）尺度でその他の尺度においては、傾向に変化が認められなかった。

または表3の類型別については、出現率の多い順に述べると、機械工学科は、B類→A類→D類→E類→C類であり、電気工学科は、B類→D類→E類→A類→C類であり、土木工学科は、B類→A類→D類→E類→C類であり、建築学科は、B類→A類→D類→C類→E類であり、全体的には、B類→A類→D類→C類→E類という結果が認められた。以上のように学科別においては、E類・C類における出現率の低い傾向が認められた、B類・D類・A類については、高い傾向が認められた。すなわちB類の出現率が学科別および全体において高いということを図1から解釈すれば、情緒不安定・社会的不適応・活動的・外向的であり、性格の不均衡が直接外面にあらわれやすく、対人関係の面で問題を起こしやすい傾向をもつ性格であると言われている。こうした理解をもって学生との接触や指導に努めなければならないと思う。またそれぞれの各類における性格特徴を参考に述べると、D類については、情緒的安定・社会的適応・活動的および積極的外向であり、性格の良い面が外部にあらわれやすく、仕事の面でもリクエーションの面でも、リーダーに向いた性格である。A類については、特に取り立てて、性格特徴の各方向に良し悪しを示さないが、知能が低いものは主導性が弱く無気力で平凡な性格である。E類については、情緒的不安定・社会的不適応・非活動的および消極的内向であり、性格の悪い面が内攻し、ノイローゼ傾向におちいりやすいが、自分自身の内面では趣味や教育で充実していることが多いとも言われている。C類については、情緒的安定・社会的適応・消極的内向であり、いいかえれば平穩かつ受動的で、人を引っ張っていく力には乏しい性格である。

また、筆者は、個人的経験不足と資料不足から、Y・G性格検査の性格類型および特徴傾向の考察の結果や、論じ残した問題点もたくさんあり、各尺度についての解釈の方法について、多くの実例を経験して、熟練した検査を多面的に吟味し、次報の研究においては、統計学見地から考え、妥当性・信頼性・客観性・適応性の問題について検討するとともに、今後の研究を積み重ねていきたい。

V 参考文献

- 1) 新性格検査法
— Y・G性格検査実施・応用・研究の手引き — 辻岡 美延 著
- 2) 改訂 体育心理 伊藤 正 著
- 3) 体育学研究法 日本体育学会 編
- 4) 心理テスト法入門 伊藤 隆二・松原 達哉 編著
- 5) 教育と教育心理学 辰野 千寿・高野 清純・加藤 隆勝・福沢 周亮 編著
- 6) スポーツマンの性格 小林 晃夫 編

- 7) スポーツ科学講座
6 スポーツの心理 松田 岩男・清原 健司 編著
- 8) 性格診断マニュアル
ー企業におけるY・Gテストの応用と実例ー 江口 恒男 著
- 9) 健康と体力 文部省体育局 監修
- 10) 改訂版 人間への心理学的アプローチ 大山 正博 編
- 11) 改訂 現代心理学 水野 節子・稲木 哲朗・大島 尚
山上 精次・外山みどり・吉武 光世 共著
- 12) 新・性格検査法
ーモーブレイ性格検査ー MPI研究会 編
- 13) 新訂増補 心理テスト法入門 伊藤 隆二・松原 達哉 編著
- 14) 現代精神分析双書1
性格分析 ーその技法と理論ー ウィルヘルム・ライヒ 著・小此木 啓吾 訳

(平成6年4月15日受付)

水平円柱まわりの自然対流の数値解析

(機械工学科) 鍋 本 暁 秀
(機械工学科) 河 口 勇 治

Numerical Study of the Free Convection around a Horizontal Cylinder

Akihide NABEMOTO
Yuji KAWAGUCHI

The Navier-Stokes and energy equations were solved numerically by the finite element method to analyze the free convection flow around a horizontal cylinder in an enclosure.

The flow and temperature distribution change in the whole domain and also the heat transfer coefficient change was clarified.

The influence of the behavior of the vortex on the heat transfer coefficient was examined and the influence of the boundary conditions was at the same time referred.

1. はじめに

内燃機関実験室では、工学実験のテーマの一つに自然対流熱伝達を取り上げている。

これは、水平に保持した直径0.2mm、長さ30cmの伝熱線を電気加熱し、定常状態における熱伝達率を求めるもので、電圧を測定するのみで熱伝達率を算出できる簡便さに特徴があるが、熱伝達を支配する流れとか温度分布には触れることができない。

本研究は工学実験に役立てることを目的として、流れと温度に関する非定常方程式を数値計算で解き、伝熱線のまわりの流れと温度分布の時間的変化の様子を明らかにしたものである。

2. 記 号

| | | | |
|----|--|-----------|---|
| a | : 熱拡散率 | u, v | : x, y 方向の速度成分 |
| d | : 円柱直径 | U, V | : 無次元速度 $= ud/\nu$, $= vd/\nu$ |
| g | : 重力の加速度 | X, Y | : 無次元直角座標 $= x/d$, $= y/d$ |
| Gr | : グラスホフ数 $= g\beta(\theta_s - \theta_\infty)d^3/\nu^2$ | β | : 体膨張係数 |
| h | : 熱伝達率 | θ | : 温度 |
| N | : 壁面に垂直方向の無次元長さ | Θ | : 無次元温度 $= (\theta - \theta_\infty)/(\theta_s - \theta_\infty)$ |
| Nu | : ヌセルト数 $= hd/\lambda$ | λ | : 熱伝導率 |
| Pr | : プラントル数 $= \nu/a$ | ν | : 動粘度 |
| S | : 三角形要素の無次元面積 | Φ | : 角度 |
| t | : 時間 | Ψ | : 無次元流れ関数 |
| T | : 無次元時間 $= t\nu/d^2$ | Ω | : 無次元渦度 |

添字

s : 円柱表面

 ∞ : 遠方領域

i : X方向の節点番号

j : Y方向の節点番号

n : 時間ステップ番号

3. 基礎式

密閉容器内に置かれた水平円柱の表面温度を一定に保った場合の、二次元非定常自然対流熱伝達を考える。流体の物性値は、密度の他は一定と仮定する。図1に示す直角座標 (X, Y) を用いると、運動方程式およびエネルギー式は次のようになる。

$$\frac{\partial \Omega}{\partial T} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Omega}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = \frac{\partial^2 \Omega}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial Y^2} + Gr \frac{\partial \Theta}{\partial X} \quad \dots (1)$$

$$\Omega = - \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} \right) \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial T} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Theta}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{1}{Pr} \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right) \quad \dots (3)$$

境界条件は、次のように与える。

$$X=0: \quad \Omega=\Psi=0, \quad \frac{\partial \Theta}{\partial X}=0 \quad \dots (4)$$

$$X=X_1: \quad \Psi=\Theta=0, \quad \Omega=-\frac{\partial^2 \Psi}{\partial N^2} \quad \dots (5)$$

$$Y=Y_1: \quad \Psi=\Theta=0, \quad \Omega=-\frac{\partial^2 \Psi}{\partial N^2} \quad \dots (6)$$

$$Y=Y_2: \quad \Psi=\Theta=0, \quad \Omega=-\frac{\partial^2 \Psi}{\partial N^2} \quad \dots (7)$$

$$\text{円柱表面: } \Psi=0, \quad \Omega=-\frac{\partial^2 \Psi}{\partial N^2}, \quad \Theta=1 \quad \dots (8)$$

平均ヌセルト数は次式で計算する

$$Nu = -\frac{1}{\pi} \int_0^\pi \left(\frac{\partial \Theta}{\partial N} \right)_0 d\Phi \quad \dots (9)$$

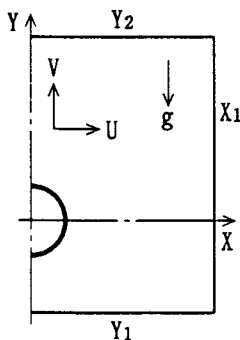


図1 座標系

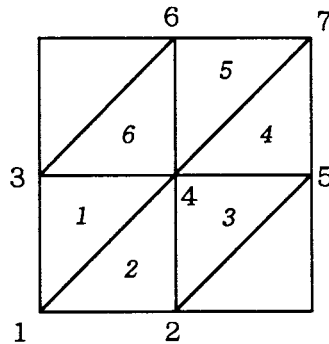


図2 近似方程式に関する要素

4. 近似方程式

ガラーキン法に基づく有限要素法により、(1)～(3)式の近似方程式を求める。

基本的な考え方は、図2の6つの要素において、中央の節点4の未知関数の値を、まわりの6つの節点1, 2, 3, 5, 6, 7の既知関数値から求めようというものである。

近似方程式を導出する過程は鍋本らの既報⁽¹⁾と同じであるが、ここでは非定常方程式を用いる点が既報⁽¹⁾と異なるので、時間微分の扱い方を(1)式について述べる。

まず、時間微分 $\partial\Omega/\partial T$ を、 n 段階の Ω^n と $n+1$ 段階の Ω^{n+1} との差を時間増分 ΔT で割った、次の近似式で置き換える。

$$\frac{\partial\Omega}{\partial T} \approx \frac{\Omega^{n+1} - \Omega^n}{\Delta T} \quad \dots (10)$$

次に、 $n+1$ 段階の Ω^{n+1} について(1)式を次のような形に書く。

$$\begin{aligned} & \frac{\Omega^{n+1} - \Omega^n}{\Delta T} + \frac{\partial\Psi^{n+1}}{\partial Y} \frac{\partial\Omega^{n+1}}{\partial X} - \frac{\partial\Psi^{n+1}}{\partial X} \frac{\partial\Omega^{n+1}}{\partial Y} \\ & = \frac{\partial^2\Omega^{n+1}}{\partial X^2} + \frac{\partial^2\Omega^{n+1}}{\partial Y^2} + Gr \frac{\partial\Theta^{n+1}}{\partial X} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

(11)式の Ω を近似関数⁽¹⁾で置き換え、両辺に試験関数を掛けて面積積分を行えば、 Ω^{n+1} に関する近似方程式が得られる。添字 $n+1$ を省略して結果を示すと、次のようになる。

$$\begin{aligned} & S_1 \frac{\Omega_4 - \Omega_3}{(X_4 - X_3)^2} + S_2 \frac{\Omega_4 - \Omega_2}{(Y_4 - Y_2)^2} + S_3 \left\{ -\frac{\Omega_5 - \Omega_4}{(X_5 - X_4)^2} + \frac{\Omega_4 - \Omega_2}{(Y_4 - Y_2)^2} \right\} \\ & - S_4 \frac{\Omega_5 - \Omega_4}{(X_5 - X_4)^2} - S_5 \frac{\Omega_6 - \Omega_4}{(Y_6 - Y_4)^2} + S_6 \left\{ \frac{\Omega_4 - \Omega_3}{(X_4 - X_3)^2} - \frac{\Omega_6 - \Omega_4}{(Y_6 - Y_4)^2} \right\} \\ & = \frac{1}{3} \left\{ S_1 \left(\frac{\Psi_4 - \Psi_3}{X_4 - X_3} \frac{\Omega_3 - \Omega_1}{Y_3 - Y_1} - \frac{\Psi_3 - \Psi_1}{Y_3 - Y_1} \frac{\Omega_4 - \Omega_3}{X_4 - X_3} \right) \right. \\ & + S_2 \left(\frac{\Psi_2 - \Psi_1}{X_2 - X_1} \frac{\Omega_4 - \Omega_2}{Y_4 - Y_2} - \frac{\Psi_4 - \Psi_2}{Y_4 - Y_2} \frac{\Omega_2 - \Omega_1}{X_2 - X_1} \right) \\ & + S_3 \left(\frac{\Psi_5 - \Psi_4}{X_5 - X_4} \frac{\Omega_4 - \Omega_2}{Y_4 - Y_2} - \frac{\Psi_4 - \Psi_2}{Y_4 - Y_2} \frac{\Omega_5 - \Omega_4}{X_5 - X_4} \right) \\ & + S_4 \left(\frac{\Psi_5 - \Psi_4}{X_5 - X_4} \frac{\Omega_7 - \Omega_5}{Y_7 - Y_5} - \frac{\Psi_7 - \Psi_5}{Y_7 - Y_5} \frac{\Omega_5 - \Omega_4}{X_5 - X_4} \right) \\ & + S_5 \left(\frac{\Psi_7 - \Psi_6}{X_7 - X_6} \frac{\Omega_6 - \Omega_4}{Y_6 - Y_4} - \frac{\Psi_6 - \Psi_4}{Y_6 - Y_4} \frac{\Omega_7 - \Omega_6}{X_7 - X_6} \right) \\ & + S_6 \left(\frac{\Psi_4 - \Psi_3}{X_4 - X_3} \frac{\Omega_6 - \Omega_4}{Y_6 - Y_4} - \frac{\Psi_6 - \Psi_4}{Y_6 - Y_4} \frac{\Omega_4 - \Omega_3}{X_4 - X_3} \right) \\ & + Gr \left(S_1 \frac{\Theta_4 - \Theta_3}{X_4 - X_3} + S_2 \frac{\Theta_2 - \Theta_1}{X_2 - X_1} + S_3 \frac{\Theta_5 - \Theta_4}{X_5 - X_4} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +S_4 \frac{\Theta_5 - \Theta_4}{X_5 - X_4} + S_5 \frac{\Theta_7 - \Theta_6}{X_7 - X_6} + S_6 \frac{\Theta_4 - \Theta_3}{X_4 - X_3} \Bigg] \\
& - \frac{1}{12\Delta T} \left[\left\{ S_1(\Omega_1 + \Omega_3 + 2\Omega_4) + S_2(\Omega_1 + \Omega_2 + 2\Omega_4) + S_3(\Omega_2 + 2\Omega_4 + \Omega_5) \right. \right. \\
& + S_4(2\Omega_4 + \Omega_5 + \Omega_7) + S_5(2\Omega_4 + \Omega_6 + \Omega_7) + S_6(\Omega_3 + 2\Omega_4 + \Omega_6) \Bigg\} \\
& - \left\{ S_1(\Omega_1^a + \Omega_3^a + 2\Omega_4^a) + S_2(\Omega_1^a + \Omega_2^a + 2\Omega_4^a) + S_3(\Omega_2^a + 2\Omega_4^a + \Omega_5^a) \right. \\
& \left. \left. + S_4(2\Omega_4^a + \Omega_5^a + \Omega_7^a) + S_5(2\Omega_4^a + \Omega_6^a + \Omega_7^a) + S_6(\Omega_3^a + 2\Omega_4^a + \Omega_6^a) \right\} \right] \quad \dots (12)
\end{aligned}$$

ここに、要素面積 S の添字は図2における要素番号を示す。その他の記号の添字は節点番号を示す。
 (12)式は、 Ω_4 以外の関数値は全て既知と考えて Ω_4 を計算する近似方程式である。

同様な方法で得られた、(3)式の近似方程式を次に示す。

$$\begin{aligned}
& S_1 \frac{\Theta_4 - \Theta_3}{(X_4 - X_3)^2} + S_2 \frac{\Theta_4 - \Theta_2}{(Y_4 - Y_2)^2} + S_3 \left[-\frac{\Theta_5 - \Theta_4}{(X_5 - X_4)^2} + \frac{\Theta_4 - \Theta_2}{(Y_4 - Y_2)^2} \right] \\
& - S_4 \frac{\Theta_5 - \Theta_4}{(X_5 - X_4)^2} - S_5 \frac{\Theta_6 - \Theta_4}{(Y_6 - Y_4)^2} + S_6 \left[\frac{\Theta_4 - \Theta_3}{(X_4 - X_3)^2} - \frac{\Theta_6 - \Theta_4}{(Y_6 - Y_4)^2} \right] \\
& = \frac{\text{Pr}}{3} \left\{ S_1 \left(\frac{\Psi_4 - \Psi_3}{X_4 - X_3} \frac{\Theta_3 - \Theta_1}{Y_3 - Y_1} - \frac{\Psi_3 - \Psi_1}{Y_3 - Y_1} \frac{\Theta_4 - \Theta_3}{X_4 - X_3} \right) \right. \\
& + S_2 \left(\frac{\Psi_2 - \Psi_1}{X_2 - X_1} \frac{\Theta_4 - \Theta_2}{Y_4 - Y_2} - \frac{\Psi_4 - \Psi_2}{Y_4 - Y_2} \frac{\Theta_2 - \Theta_1}{X_2 - X_1} \right) \\
& + S_3 \left(\frac{\Psi_5 - \Psi_4}{X_5 - X_4} \frac{\Theta_4 - \Theta_2}{Y_4 - Y_2} - \frac{\Psi_4 - \Psi_2}{Y_4 - Y_2} \frac{\Theta_5 - \Theta_4}{X_5 - X_4} \right) \\
& + S_4 \left(\frac{\Psi_5 - \Psi_4}{X_5 - X_4} \frac{\Theta_7 - \Theta_5}{Y_7 - Y_5} - \frac{\Psi_7 - \Psi_5}{Y_7 - Y_5} \frac{\Theta_5 - \Theta_4}{X_5 - X_4} \right) \\
& + S_5 \left(\frac{\Psi_7 - \Psi_6}{X_7 - X_6} \frac{\Theta_6 - \Theta_4}{Y_6 - Y_4} - \frac{\Psi_6 - \Psi_4}{Y_6 - Y_4} \frac{\Theta_7 - \Theta_6}{X_7 - X_6} \right) \\
& \left. + S_6 \left(\frac{\Psi_4 - \Psi_3}{X_4 - X_3} \frac{\Theta_6 - \Theta_4}{Y_6 - Y_4} - \frac{\Psi_6 - \Psi_4}{Y_6 - Y_4} \frac{\Theta_4 - \Theta_3}{X_4 - X_3} \right) \right\} \\
& - \frac{\text{Pr}}{12\Delta T} \left[\left\{ S_1(\Theta_1 + \Theta_3 + 2\Theta_4) + S_2(\Theta_1 + \Theta_2 + 2\Theta_4) + S_3(\Theta_2 + 2\Theta_4 + \Theta_5) \right. \right. \\
& \left. \left. + S_4(2\Theta_4 + \Theta_5 + \Theta_7) + S_5(2\Theta_4 + \Theta_6 + \Theta_7) + S_6(\Theta_3 + 2\Theta_4 + \Theta_6) \right\} \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left[S_1(\Theta_1'' + \Theta_3'' + 2\Theta_4'') + S_2(\Theta_1'' + \Theta_2'' + 2\Theta_4'') + S_3(\Theta_2'' + 2\Theta_4'' + \Theta_5'') \right. \\
& \left. + S_4(2\Theta_4'' + \Theta_5'' + \Theta_7'') + S_5(2\Theta_4'' + \Theta_6'' + \Theta_7'') + S_6(\Theta_3'' + 2\Theta_4'' + \Theta_6'') \right] \quad \dots (13)
\end{aligned}$$

(13)式は、 Θ_4 以外の関数値は全て既知と考えて Θ_4 を計算する近似方程式である。

(2)式の近似方程式は次のようになる。

$$\begin{aligned}
& S_1 \frac{\Psi_4 - \Psi_3}{(X_4 - X_3)^2} + S_2 \frac{\Psi_4 - \Psi_2}{(Y_4 - Y_2)^2} + S_3 \left\{ -\frac{\Psi_5 - \Psi_4}{(X_5 - X_4)^2} + \frac{\Psi_4 - \Psi_2}{(Y_4 - Y_2)^2} \right\} \\
& - S_4 \frac{\Psi_5 - \Psi_4}{(X_5 - X_4)^2} - S_5 \frac{\Psi_6 - \Psi_4}{(Y_6 - Y_4)^2} + S_6 \left\{ \frac{\Psi_4 - \Psi_3}{(X_4 - X_3)^2} - \frac{\Psi_6 - \Psi_4}{(Y_6 - Y_4)^2} \right\} \\
& = \frac{1}{12} \left\{ S_1(\Omega_1 + \Omega_3 + 2\Omega_4) + S_2(\Omega_1 + \Omega_2 + 2\Omega_4) + S_3(\Omega_2 + 2\Omega_4 + \Omega_5) \right. \\
& \left. + S_4(2\Omega_4 + \Omega_5 + \Omega_7) + S_5(2\Omega_4 + \Omega_6 + \Omega_7) + S_6(\Omega_3 + 2\Omega_4 + \Omega_6) \right\} \quad \dots (14)
\end{aligned}$$

(14)式は、 Ψ_4 以外の関数値は全て既知と考えて Ψ_4 を計算する近似方程式である。

5. 計算方法

計算領域の大きさは、図1の座標系で、X方向が $X_1=100$ d、Y方向は円柱中心より下方に $Y_1=50$ d、上方に $Y_2=59$ dである。

メッシュは格子状に分割した。円柱まわりは、円周を10等分し、円柱から離れるに従って分割幅を大きくした。その結果、X方向の最小の分割幅は0.0245 d、最大の分割幅は8 d、分割数は46である。

Y方向最小分割幅は、0.0245 d、最大の分割幅は7 d、分割数は77である。総節点数は3666である。

反復法で解を得る手順は次のようである。

- 1) 関数値が未知の節点に、最初の近似値として零を与える。
- 2) 計算領域の端から始めて、順に節点の近似値を近似方程式により書き換えて行く。
節点の新しい値は、緩和係数Rを使った次式で与える。

$$\left. \begin{aligned} \Theta &= (1-R)\Theta' + R\Theta'' \\ \Omega &= (1-R)\Omega' + R\Omega'' \\ \Psi &= (1-R)\Psi' + R\Psi'' \end{aligned} \right\} \quad \dots (15)$$

ここに、 Θ' 、 Ω' 、 Ψ' は節点の古い近似値であり、 Θ'' 、 Ω'' 、 Ψ'' は(12)、(13)、(14)式で計算した新しい近似値である。

はじめに温度 Θ 、次に渦度 Ω 、続いて流れ関数 Ψ を書き換える。

- 3) 再び、はじめの節点から書き換えを繰り返す。

流れ関数 Ψ の最大変化量が、 10^{-4} 以下になれば収束したと判断して次の時間段階に進む。

- 4) 収束した値をn段階の値として配列に納め、n+1段階の値の計算に入る。

本計算では、場所によって緩和係数の値を変えることにより、解の発散を抑えることができた。円

柱まわりの小さいメッシュの領域では0.1, 円柱から離れた大きいメッシュの領域では0.05を緩和係数とした。

計算には, 高速演算プロセッサを装備したNEC9801RAを, MS-FORTRANで使用した。

時間刻みは0.0001, 計算した時間段階数は 9×10^5 , 要した計算時間は200日の程度である。

6. 計算結果と考察

計算は, $Pr=1$, $Gr=1000$ について行った。

6. 1 温度分布と流線

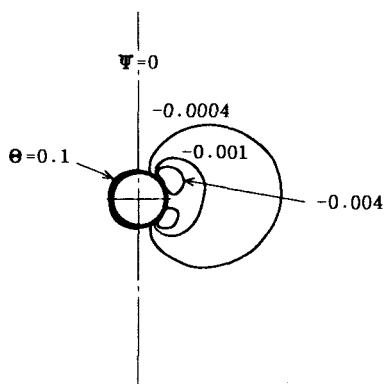


図3 温度分布と流線 ($T=0.0001$)

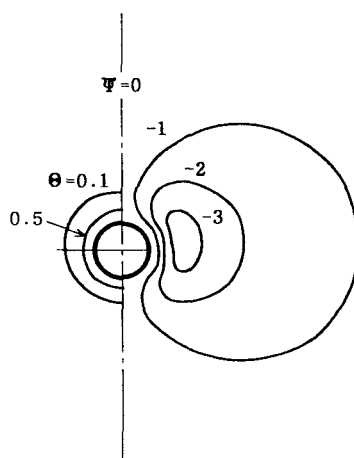


図4 温度分布と流線 ($T=0.05$)

図3に, 時間 $T=0.0001$ における円柱まわりの温度分布を中心線の左側に, 流線を右側に示す。加熱開始直後であるため, 温度分布の拡がり小さいが, 円柱の横には渦が発生している。その渦は, 円柱の上側と下側の壁面に小さな渦があり, それらを取り囲むように大きな渦ができています。流れは極微速である。

壁面の小さな渦は, 壁面近傍の流速が増加するにつれて壁から離れ, より小さくなる。 $T=0.01$ あたりで下側の渦が消えて行く。

図4は, $T=0.05$ の場合である。円柱まわりに同心円状に温度分布が広がり, 流速が増加している。円柱壁面の下側にあった小さな渦は, すでに消えている。

図5は, $T=0.1$ の場合である。温度分布が上昇流の影響を受けて上方に伸びた形になっている。流速が増加し, 渦が上昇を始めていることが分かる。

図6は, $T=0.5$ の場合である。渦が円柱から離れて上昇しており, 渦中心の近くの温度分布が流れの影響で茸状になっていることに特徴がある。また, 流速が増加し, 渦が発達していることも分かる。

なお, 渦が円柱から離れて遠ざかる $T>0.5$ では, 円柱まわりの温度分布および流線分布がほぼ一定になる。

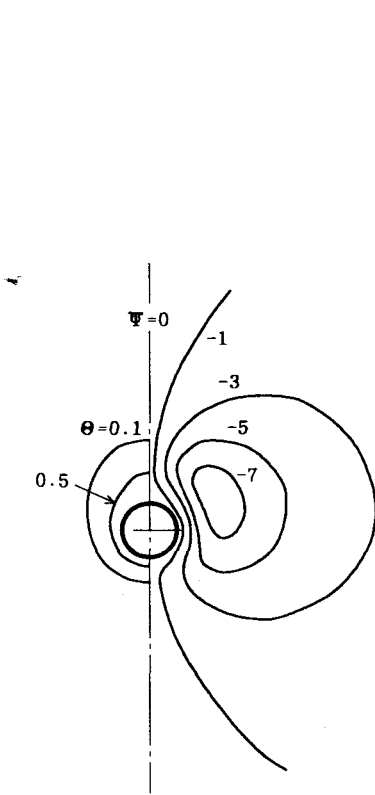
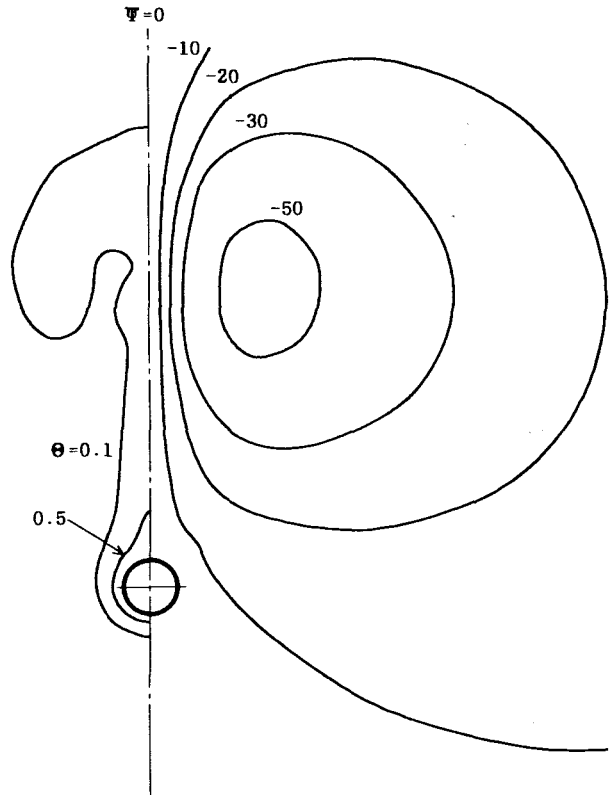
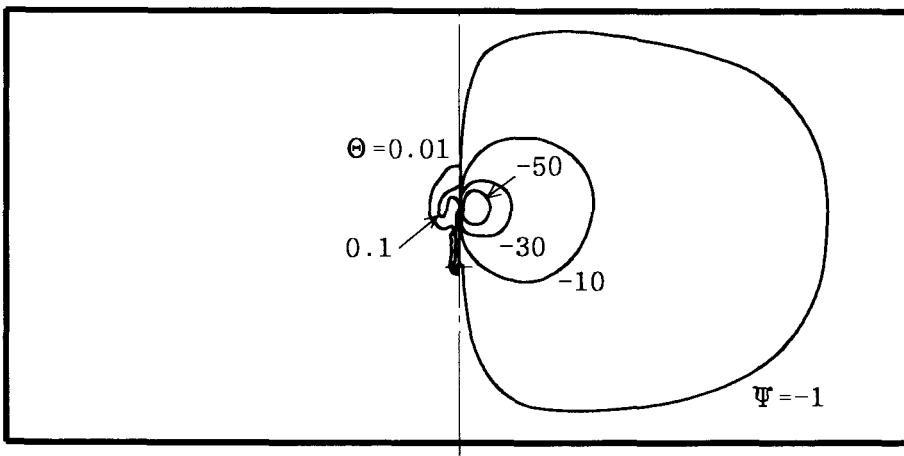
図5 温度分布と流線 ($T=0.1$)図6 温度分布と流線 ($T=0.5$)

図7～図10に、密閉容器内で温度分布と渦が時間と共に発達し、移動する様子を示す。 $T=1$ で上下に対称的な拡がりを見せていた渦は、 $T=11$ あたりで上壁に到達して歪んだ形になる。以後は横壁に向かって移動するが、 $T=58$ あたりから下方へ向かう動きが加わる。 $T=90$ あたりで、渦中心の動きは止まるが、渦まわりの温度分布はわずかながら変化を続けている。

自然対流の温度分布を特徴づけている茸状の温度分布は渦が円柱を離れて上昇を始める頃から顕著になり、渦とともに移動して行く。渦が上壁に到達して横に移動を始めると、茸状の温度分布も横方向に拡がって行く。

なお、図9および図10で中心線近傍の温度分布と流線が波打っているが、計算は安定している。

図7 全領域の温度分布と流線 ($T=1$)

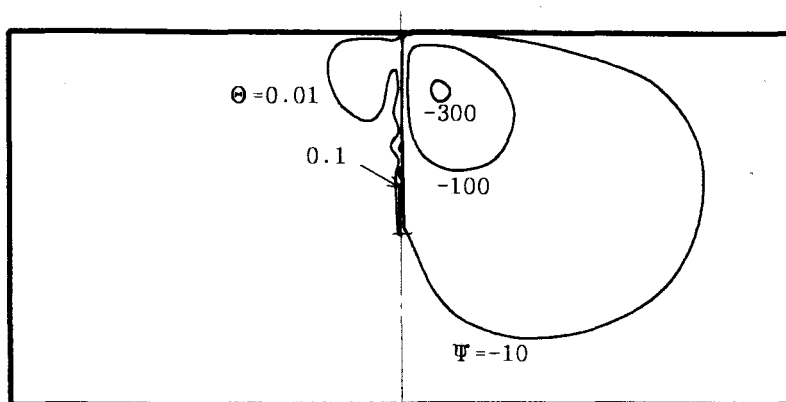


図8 全領域の温度分布と流線 (T=11)

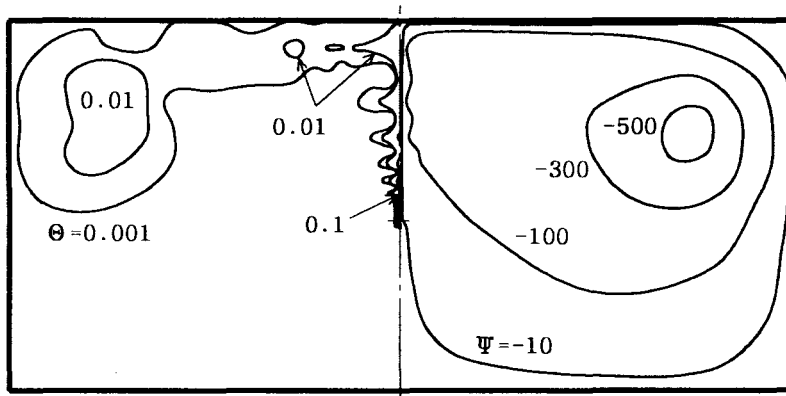


図9 全領域の温度分布と流線 (T=58)

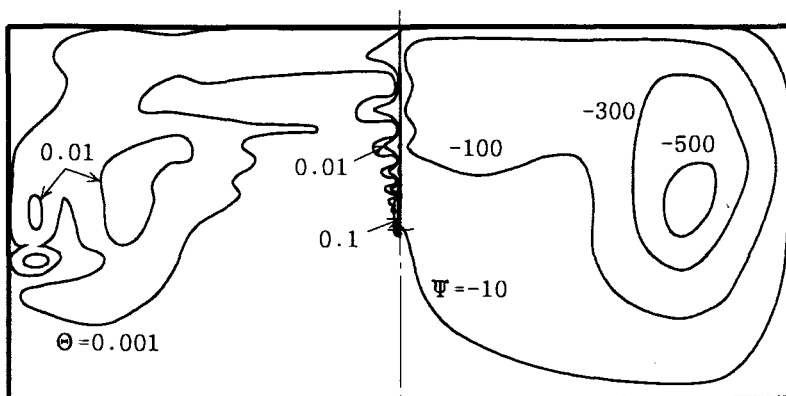


図10 全領域の温度分布と流線 (T=90)

6. 2 平均熱伝達率

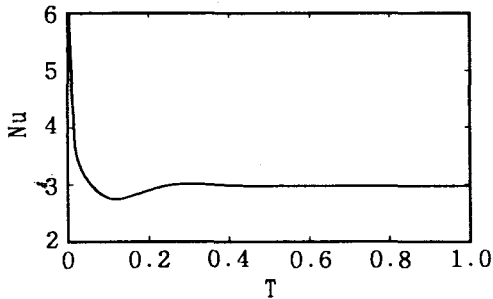


図11 平均ヌセルト数の変化

図11に、平均ヌセルト数の時間的变化を示す。平均ヌセルト数は加熱開始時に最大値を示した後、時間と共に急減し、 $T=0.1$ あたりで極小値を示す。この後は穏やかに増加して極大値を示した後、わずかに減少して、 $T=0.5$ 以降はほぼ一定になる。

伝熱のメカニズムを考えると、加熱開始直後は熱伝導が支配的であり、伝導により壁面の流体の温度勾配が急減するために、熱伝達率が急減すると思われる。やがて円柱まわりに生じた上昇流による熱移動が加わると熱伝達率が増加するが、渦が円柱から離れて円柱まわりの流れが落ちつくとき、熱伝達率も一定に落ちつくものと思われる。

れる。

なお、渦が上壁に到達して横に移動を始めると熱伝達率はわずかに増加し、横壁に近づくときわずかに減少するが、その変化の巾は3%以内である。 $T=90$ における熱伝達率の値は、 $T=1$ の場合に比べて0.6%増の値であるが、なおわずかながら減少を続けている。

工学実験では、線径0.2mmの伝熱線を定電圧電源で加熱しているが、流体が空気の場合、加熱を開始してから5秒程度で電流が一定になる。水の場合は0.5秒程度で一定になる。電流が一定になることは熱伝達率が一定になることに対応しているから、5秒程度の加熱時間で平均熱伝達率が測定できることが分かる。加熱時間を長くすることは、容器内の流体温度を上昇させる効果しかないといえる。

6. 3 他の計算例との比較

水平円柱の自然対流の数値計算については、左古ら⁽²⁾、Fujiiら⁽³⁾の報告がある。これらは、差分法を用いていることと境界条件の設定法が、本報告と異なっている。

左古らの場合は、X方向の境界で、 Θ 、 Ω 、 Ψ 共に対称境界に準じた勾配を与えている。Y方向については、下方境界は壁としているが、上方境界に対称境界に準じた勾配を与えている。また、下方境界を対称境界に準じた扱いにして、境界条件の違いによる影響も調べている。

Fujiiらの場合は、X方向の境界では、 Ψ を内部の値から外挿して与え、 Ω は定義式で計算した値を与えている。Y方向については、下方境界で、 Θ 、 Ω 、 Ψ 共にゼロの値を与え、上方境界では境界層方程式の解を与えている。

本報告では密閉容器を想定して、上方、下方、横方向共に壁の条件を与えており、壁の温度はゼロとしている。

計算に用いたレーレー数が異なるために計算結果を直接比較することはできないが、左古らがまとめた平均ヌセルト数とレーレー数の関係図で見ると、三者の平均ヌセルト数は同じ曲線上に乗るように思える。

本報告では、渦が上昇して円柱から離れると、円柱まわりの流れと温度分布の変化が落ちついて、熱伝達率が一定になることを明らかにしているが、これらのことから熱伝達を支配する円柱まわりの流れには、境界条件が決める遠くの流れの影響が及ばないことが分かる。

なお、本報告では加熱開始時の円柱壁面の上下側に小さい渦が生じることを明らかにしているが、これについての報告は他には見あたらない。

7. おわりに

密閉容器の中に置かれた水平円柱のまわりの、流れと温度分布の非定常方程式を数値計算によって解き、次のようなことを明らかにすることができた。

- 1) 加熱開始後、円柱のまわりに発生した上昇流により円柱の横に渦ができる。時間の経過とともに流速が増加し、渦は上昇を始める。

上昇する渦が上壁に達すると横方向に移動を始めるが、やがて渦の移動は止まって流れは定常状態になる。

- 2) 円柱のまわりの温度分布は、加熱開始直後は同心円状に広がる。やがて、上昇流の影響が現れて上方に伸びた形となり、さらに渦が円柱を離れて上昇するようになると渦中心の近くに茸状の等温線を生じる。

渦が円柱から離れて上昇を始めると、円柱まわりの温度分布は一定になる。

- 3) 平均熱伝達率は加熱開始直後に最大値を示すが、時間と共に減少して最小値を示した後、少し増加して以後はほぼ一定になる。

熱伝達率は渦が円柱の横を移動している間は変化するが、円柱から離れた後は一定になる。

- 4) 計算結果から工学実験の参考になることを挙げると、次のようである。

- a) 伝熱線の上下左右の拡がりが100 d 以上あれば、容器の壁の影響は無視してよい。
- b) 短時間で熱伝達率は一定になるから、電流が一定になれば測定を終了してよい。

文 献

- 1) 鍋本, ほか1名, 呉工業高等専門学校研究報告, 23-2 (1988), 9
- 2) 左古光雄, ほか3名, 日本機械学会論文集 (B編), 48-434 (1982), 2005
- 3) T.Fujii, ほか2名, Proc. 7th Int. Heat Transfer Conf., 2 (1982), 311

(平成6年4月15日受付)

マイクロコンピュータによる物体の移動システム

(機械工学科) 野 原 稔

Moving System of Object by Micro Computer

Minoru NOHARA

Recently there are many cases to use the micro computer on the machine in order to make the production process operate automatically through the computer control.

From this point of view, the author has previously manufactured the overhead crane controlled by micro computer, and the micro milling machine and the automatic warehousing which were controlled by programable controller.

In this paper, the author made the mechanism which was able to move the object by using three stepping motors, and designed the hard and soft ware which could control this mechanism by micro computer.

§ 1 結 言

産業用ロボットの知能化ならびにその利用技術の開発は、コンピュータの発達に伴う集積回路技術の進歩や、機械技術との結合によるメカトロニクスの発展に多く依存している。ロボットに関連する技術分野は、アクチュエータの機構と制御をはじめとする各種メカニズムと制御、センサ、人工知能、産業システムなど多岐にわたっており、総合的な技術体系をなしているため、最近の生産技術教育を行うには最適である。また、産業用ロボットには簡易言語が準備されており、その操作方法も容易でロボット教育には有用である。しかしながら、ロボット駆動の原理や仕組を、あるいはそれらを構成しているハードウェアを知り、それらを発展させていくためには、むしろ単純な機構を備えたものの方が望ましい。このような観点から、従来、著者はマイクロコンピュータによって動作する天井クレーン、プログラマブルコントローラによって動作するマイクロフライス盤や自動倉庫を製作し、それらの制御を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

本研究では、物体の移動を行う機構を、3個のステッピングモータを使用して駆動できるローラコンベアを製作し、これらの機構をマイクロコンピュータを使用して、制御するためのハードウェアとソフトウェアを設計したのでこれらの結果について報告する。なお、物体の移動機構の一部にアームハンドを使用した。

§ 2 物体の移動システムの構成

図1は、ローラコンベアを使用した物体の移動を行うシステムを示す。図に示すように、移動システムは、3個のローラコンベアとアームハンドから構成されている。いま、所定の位置にある物体を他の位置に移動させる場合、アームハンドによって物体をつかみ識別台上に置くことによって、物体

に組み込まれたマグネットの有無の判断を行ない、ローラコンベアの駆動方向を決定して、目的の位置に物体を移動しようとするものである。物体には、マグネットを含むものとそうでないものの2種類を準備した。

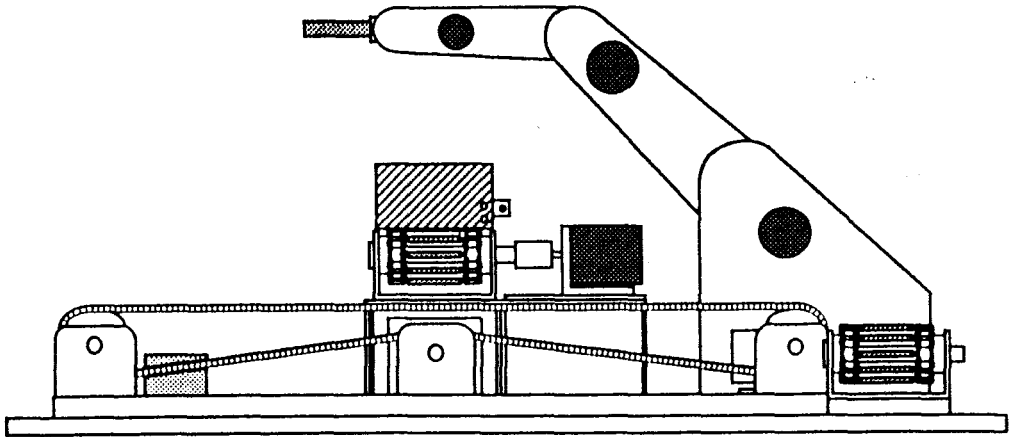


図1 物体の移動システム

2. 1 ローラコンベアとその構成部品

ローラを通したワイヤーで2本のチェーンを固定する方法により、ローラコンベアを製作した。ローラコンベアは、長さの異なる3種類のを製作した。図2は、これらを組み立てたローラコンベアによる移送部を示している。図に示すように、ローラコンベア3はコンベアの長さを長くして遠くまで移送できるようにしたため、2個のスプロケットによる支持方法では、ローラチェーンの重みでローラチェーンが下がり、ローラコンベアとしての機能を果たさないため、3個のスプロケットで支持する方法とした。そして、中央のスプロケットでローラコンベアの張りの調整をするとともに、このスプロケットを駆動することによりローラコンベアとした。また、3点を支持するため、スプロケットとの接触点が増え駆動抵抗が増加する。このため、駆動抵抗を減少させる目的でローラの本数をローラコンベア1、ローラコンベア2と比較して減少させた。比較的短い距離の移動には、ローラコンベア1、ローラコンベア2を使用する。これらのコンベアは、両端をスプロケットで支持しその片端を駆動させる方法としている。

2. 2 アームロボット

所定の位置にある物体を識別台上に移動させるため、三菱電機製のアームロボットを使用した。アームロボットは、ウエスト、ショルダー、エルボ、ハンドの各部品から構成されており、これらの各部品に取り付けられたステッピングモータ(以後、モータとする)は、シャープ製ポケットコンピュータPC-G811(以後、PC-G811とする)のコマンドによって動作させた。

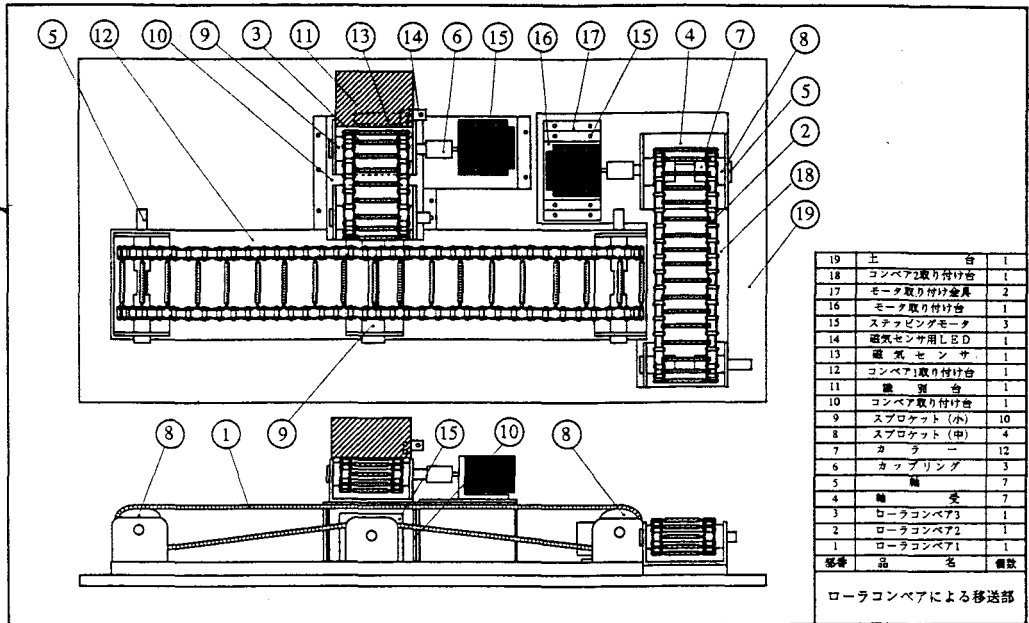


図2 ローラコンベアによる移送部

2. 3 アームロボットの動作状態

図3は、アームロボットと物体の位置およびアームロボットが物体を運ぶ動作順序を示している。アームロボットは、物体を識別台上に移動するため、番号順にしたがって動作する。B、C、Dの物体についても同様の動作を繰り返すことになる。また、図に示すアームロボットの状態は、ホームポジションの位置を示している。

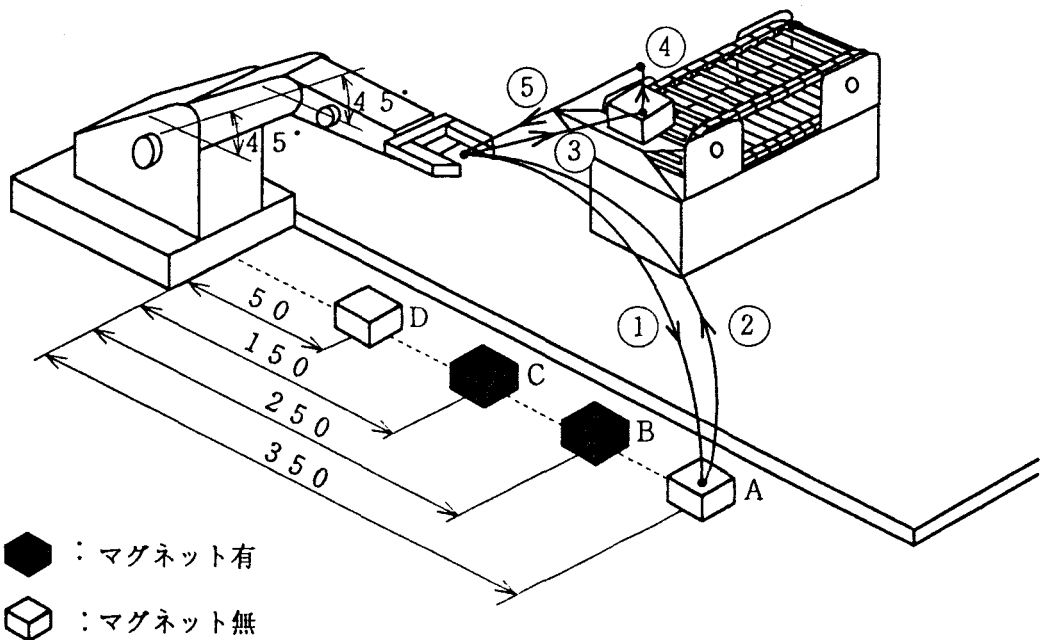


図3 アームロボットの動作順序

§ 3 ハードウェアの構成

3. 1 モータドライバ

モータを駆動する方法の一つに、専用の I C (PMM8713) を使用方法がある。この I C は、3 相 / 4 相のモータをコントロールする I C である。この I C を使用方法、PC-G811 自身をパルスの発生器として使用方法があるいは、クロックの発信回路にタイマ用 I C (555) を使用方法かのどちらかの方法が考えられる。ここでは、PC-G811 でモータの制御をすることを目的としているため、前者の方法を採用した。製作した回路の動作チェックには、後者を使用した。本研究で利用したモータは、高トルクタイプ (励磁最大トルク $3.2\text{kg} \cdot \text{cm}$) の PK254-03A である。このモータは、トルクに余裕があるためモータの温度上昇も低く、低振動に設計されている。図 4 はドライバの配線図を示しており、PMM8713, 555, 抵抗, トランジスタおよびコンデンサ等で構成されている。また、図 5 は、ドライバ、モータおよび 8255 ボードの配線図を示している。

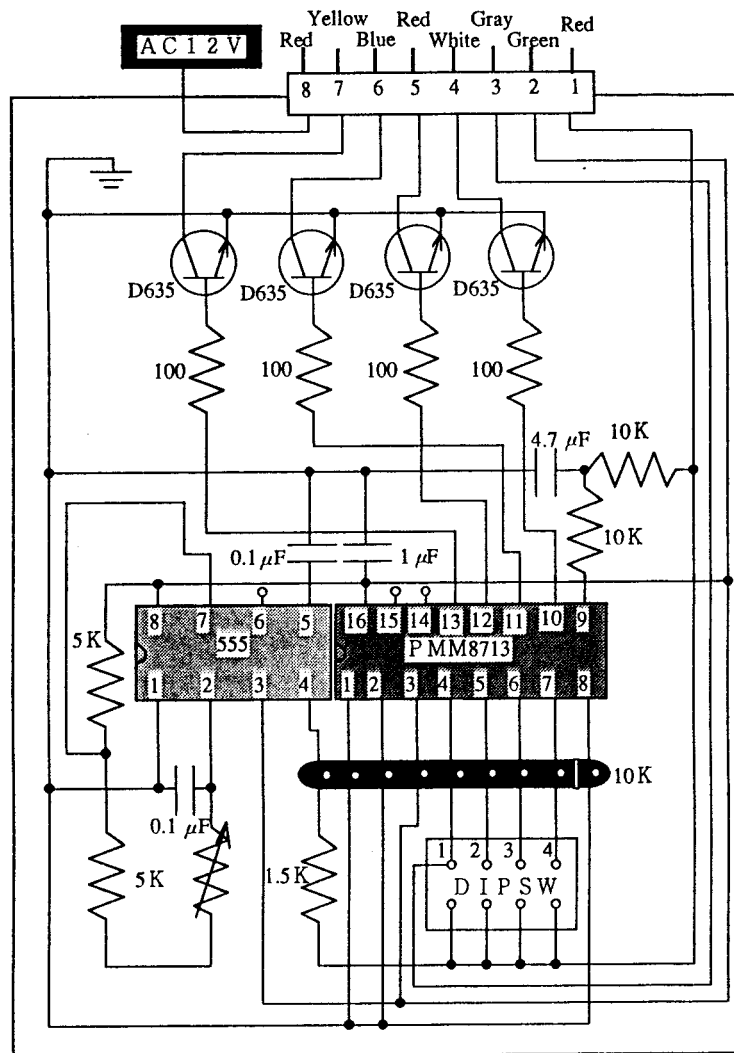


図4 ドライバの配線図

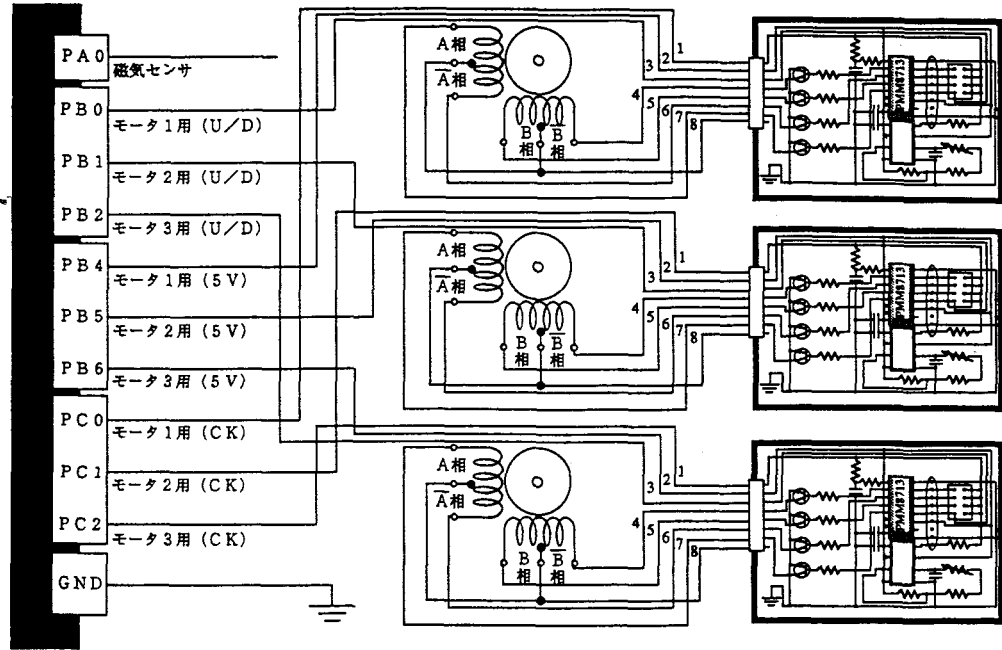


図5 ドライバー、モータおよび8255ボードの配線図

3. 2 コントロールボックスの組立

図6は、物体の移動システムを制御させるために必要なコントロールボックスの写真を示す。コントロールボックスは、8255ボード、ミニI/Oボード、ドライバー、5Vと12Vの供給用電源等から構成しており、コンパクトなワンボックスにまとめている。また、省スペース化のため、モータ用ドライバーを一体化して縦置きとしている。

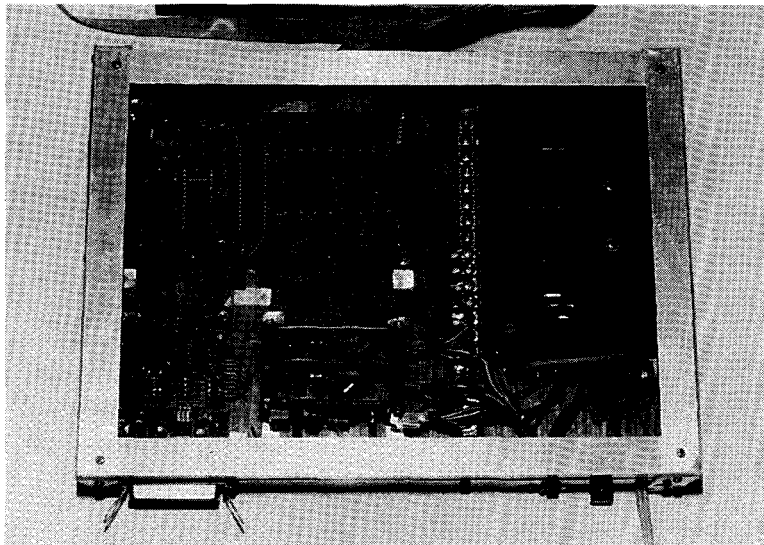


図6 コントロールボックス

3. 3 システムの結合

図7は、PC-G811を中心とした物体の移動システムの模式図を、図8は物体の移動システムの写真を示している。PC-G811は、RS-232Cを通してパソコンとのデータ通信が可能である。PC-G811から出された命令は、ミニI/Oボードを通してアームロボットを8255ボードを通してモータドライバに伝達され、3つのモータを動作させることができる。また、センサのON, OFFの状態は8255ボードを通してPC-G811に伝えられる。

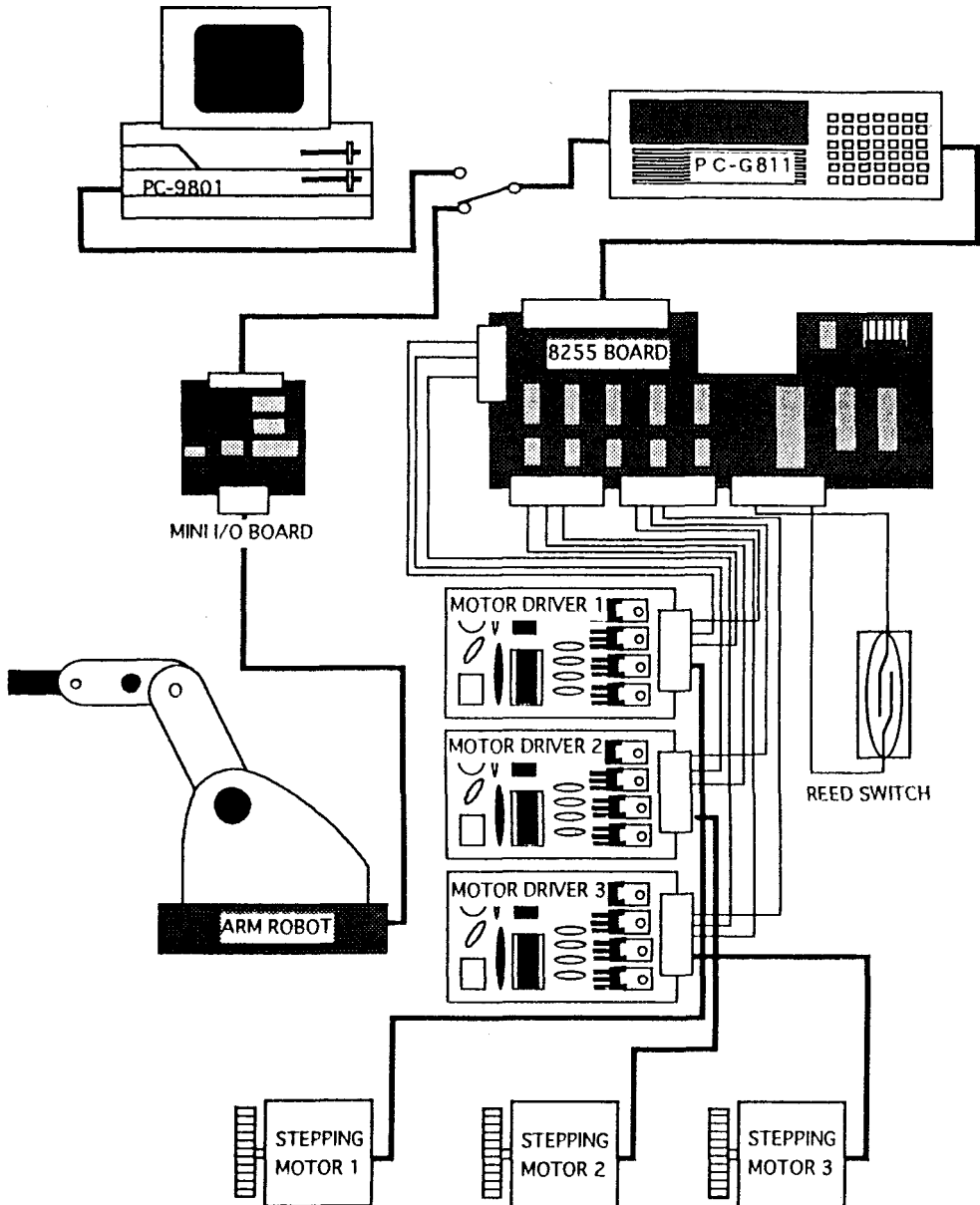


図7 物体の移動システムの模式図

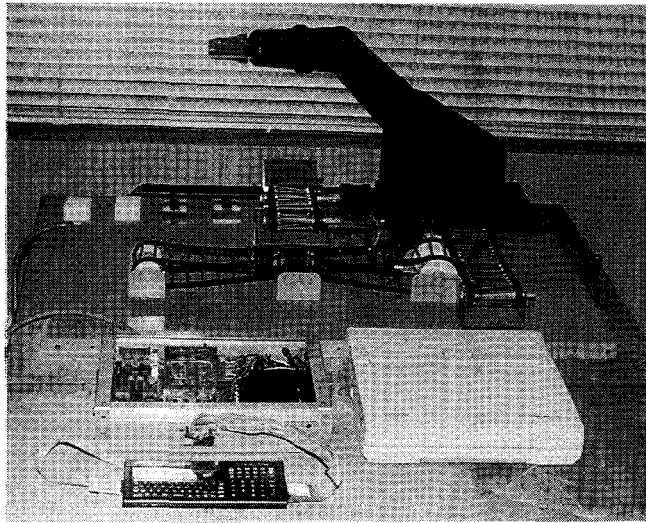


図8 移動システム全体図

§ 4 ソフトウェアの構成

モータを制御するにはPC-G811を使用した。前述のように、PC-G811を使用して機械などを制御する場合、使用するインターフェイスの違いにより二通りの方法がある。一つは、PC-G811に内蔵のシステムバスを使用して外部機器に対する入出力制御を行う方法で、マシン語を使用する。もう一方は、ミニI/Oボードを使用して機器に対する入出力制御を行う方法で、BASIC言語を使用する。ここでは、この両方を使用して機器の入出力制御を行った。また、PC-G811は、縦100mm、横210mm、高さ20mmのコンパクトなものであるが、表示画面の狭さや作成プログラムの保存という点においては不便であるため、プログラムの作成や保存はパソコン上で行った。作成したプログラムは、RS-232C回路を使用してPC-G811に転送し実行する方式とした。

4. 1 プログラム

次に、物体の移動システムを制御するためのプログラムを作成する。この移動システムの目的は、所定の位置にある物体を物体の違いを判定して、それぞれ異なった位置に運ぶことである。そのためには、アームロボットと3本のローラコンベアをそれぞれ制御する必要がある。まず、アームロボットの動作について考える。アームロボットの各部品に付属している各々のモータを動作させて、アームロボットを動かし、物体を識別台上に乗せる。図9(a)は、アームロボットと物体A、B、C、Dの位置関係を示している。いま、一例として、物体Bをつかむ場合について考えると、図9(a)に示すショルダー、エルボ、およびハンドを図9(b)に示すように曲げる必要がある。この曲げたときの角度が、図9(a)に示した角度と比較していくらの角度の差になるかを求め、この角度をステップ数に変換してモータの動作ステップ数を求める。次に、ローラコンベアを動作させる場合について考える。識別台上に乗せられた物体を判別するには、物体の大きさ、重さ、色の变化や磁性の有無等を検出する方法が考えられるが、ここでは、比較的容易に使用できる磁性の有無による判別方法を採用し、磁気センサを使用した。物体の判別による結果はポート制御命令であるINP命令文やIF~THEN命令文によって、モータの回転方向を決める駆動パターンの設定に使用した。これによって移動位置を変えることができる。

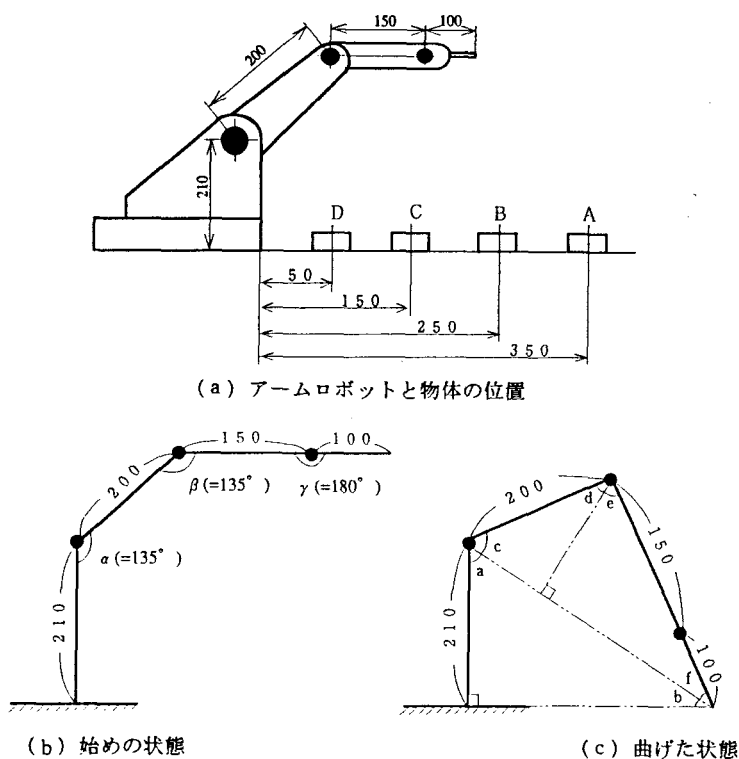


図9 物体をつかむ状態

また、図10は、ローラコンベアの移動速度を速くした場合を太い実線で、遅くした場合を破線で示して物体の移動状態を示す。また、図中に示す番号は、物体の位置と動作順序を、細線はプログラムの動きを示す。BASIC言語を使用して、パルスが発生させモータを回転させた場合、モータの回転数を所定の範囲内で変化させることができなかった。これは、BASIC言語の実行速度が遅いためと考えられる。このため、実行速度の速いマシン語を使用して、高速処理の必要なモータの回転数を決定するパルスの処理を行ない、BASICプログラム中に組み込んだ。この方法により、パルスの高速化を行い、モータの回転数を所定の範囲内で変化させることができた。モータの回転数の変化は、パルス幅を変えたマシン語ルーチンを2つ作成することにより行った。以上のことを考えて作成したチャート図を図11に、プログラムを図12に示す。

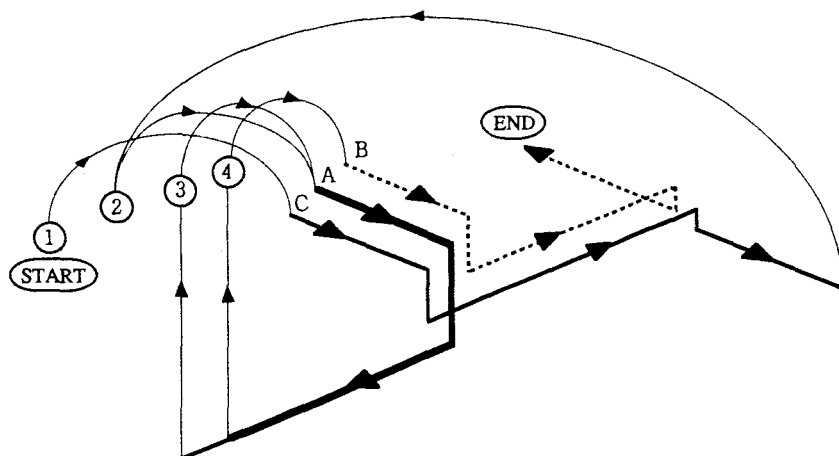


図10 物体の移動状態

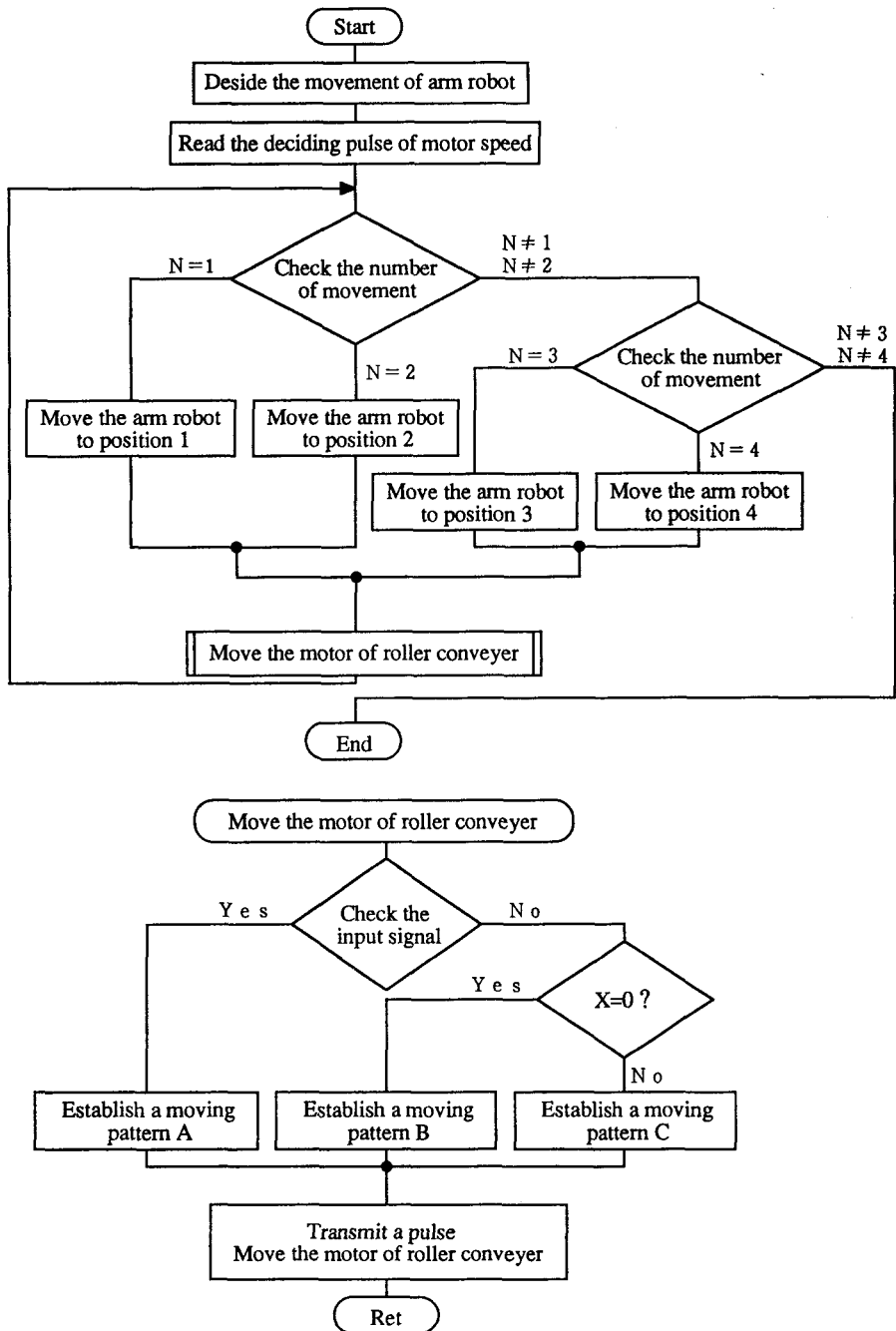


図11 チャート図

```

10 OPEN "LPRT:"
20 LPRINT "S5"
30 LPRINT "P1,0,-1750,562,0,0,-2000"
40 LPRINT "P2,0,-1750,562,0,0,0"
50 LPRINT "P3,0,0,0,0,0,0"
60 LPRINT "P4,-880,50,-500,-800,-800,0"
70 LPRINT "P5,-880,50,-500,-800,-800,-2000"
80 LPRINT "P6,-880,0,0,0,0,-2000"
90 LPRINT "P7,0,-900,-375,0,0,-2000"
100 LPRINT "P8,0,-900,-375,0,0,0"
110 LPRINT "P9,0,-750,-737,0,0,-2000"
120 LPRINT "P10,0,-750,-737,0,0,0"
130 LPRINT "P11,0,-1075,-713,920,-920,-2000"
140 LPRINT "P12,0,-1075,-713,0,0,0"
150 X=1
220 I=&H100
230 READ D$
240 IF D$="END" THEN 270
250 POKE I, VAL("&H"+D$)
260 I=I+1:GOTO 230
270 K=0
280 K=K+1
290 IF K=1 THEN GOTO 340
300 IF K=2 THEN GOTO 370
310 IF K=3 THEN GOTO 400
320 IF K=4 THEN GOTO 430
330 END
340 LPRINT "M1"
350 LPRINT "M2"
360 GOSUB 600:GOTO 500
370 LPRINT "M7"
380 LPRINT "M8"
390 GOSUB 600:GOTO 500
400 LPRINT "M9"
410 LPRINT "M10"
420 GOSUB 600:GOTO 500
430 LPRINT "M11"
440 LPRINT "M12"
450 GOSUB 600:GOTO 500
500 OUT &H23,&H90
510 GOSUB 700
520 IF U=0 THEN GOTO 550
530 OUT &H21,&H66
535 N=750:GOSUB 800:GOTO 280
550 IF X=1 THEN GOTO 570
560 OUT &H21,&H73
565 N=1100:X=X+1:GOSUB 900:GOTO 280
570 OUT &H21,&H72
575 N=1100:X=X-1:GOSUB 800:GOTO 280
600 LPRINT "M3"
610 LPRINT "M4"
620 LPRINT "M5"
630 LPRINT "M6"
640 LPRINT "N"
650 RETURN
700 V=INP &H20
710 U=255-V
720 RETURN
800 FOR J=1 TO N
810 CALL &H100
820 NEXT J
830 RETURN
900 FOR J=1 TO N
910 CALL &H120
920 NEXT J
930 RETURN
1000 DATA 3E,07,D3,22
1100 DATA CD,0B,01,AF
1200 DATA D3,22,C9,16
1300 DATA 10,1E,10,1D
1400 DATA C2,0F,01,15
1500 DATA C2,0D,01,C9
1600 DATA 00,00,00,00
1700 DATA 00,00,00,00
1800 DATA 3E,07,D3,22
1900 DATA CD,2B,01,AF
2000 DATA D3,22,C9,16
2100 DATA 30,1E,30,1D
2200 DATA C2,2F,01,15
2300 DATA C2,2D,01,C9
2400 DATA END

```

図12 物体を移動させるプログラム

§5 結 言

物体の移動システムを設計製作し、PC-G811を使用して制御した結果についてまとめると以下のようになる。

1. PMM8713を使用したドライバーを製作してモータを動作させることができた。
2. 3種類のローラコンベアを組み合わせた物体の移動部を製作できた。
3. アームロボットおよびローラコンベアを動作させる、ミニI/Oボードおよび8255ボードを含むコントロールボックスを製作してPC-G811による動作が可能となった。

4. BASIC言語およびマシン語の2種類の言語を用いて、物体の移動システムを制御できるソフトウェアを設計することができた。

最後に、本研究は、新谷および乃美両氏の卒業研究として行われたことを付記し、両氏に感謝します。

<参考文献>

- (1)野原, マイクロコンピュータによる天井クレーンの制御, 呉高専研究報告, 27-1 (1991) ,11
- (2)野原, モータコントローラによりマイクロフライス盤の制御, 呉高専研究報告, 28-1 (1992) ,105
- (3)野原, モータコントローラによる自動倉庫の制御, 呉高専研究報告, 29-1 (1993) ,41

(平成6年4月15日受付)

モータコントローラによる直交座標ロボットの制御

(機械工学科) 野 原 稔

Operation Control of Cartesian Coordinates Robot by Programable Controller

Minoru NOHARA

Recently there are many cases to use programable controller on the machine in order to make the production process operate automatically through the computer control.

From this point of view, the author has previously manufactured the overhead crane controlled by micro computer, and the micro milling machine and the automatic warehousing which were controlled by programable controller.

In this paper, the author reports that the cartesian coordinates robot could be designed which was easily controlled by inputting the coordinates of objects. The speed of the robot's hand holding the object, the moving speed of robot could be both controlled by means of programable controller.

§ 1 結 言

最近の工場内物流は、多くの場合、多種類の品物を小量かつ多様なルートに応じて供給することが要求される。工場内における床面積やスペースの有効利用、管理の向上は無論のこと、これに増して生産ラインの結び付きを強くし、生産ラインへの追随性のよいことが求められている。また、FA現場においても、CIM化への対応力を促進するため、プログラマブルコントローラ(PC)は、シーケンスコントローラとしての機能や取り扱い面で使い易いため、非常に多く使用されてきている。さらに、最近の技術革新によるPCの高性能化および低価格化により、一層その需要分野は拡大してきている。従来、著者は、マイクロコンピュータによる天井クレーン、PCによるマイクロフライス盤およびPCによる自動倉庫を製作し、これらの制御を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

本研究においては、PCを使用することによって、物体の設置してある座標値を入力することにより、ハンドが物体をつかむ速度、ハンドが所定の位置から物体に到達するまでの移動速度および物体をつかみこれを別の場所に移動させる速度を変えることのできる、直交座標系によるロボットを設計し製作した。製作したロボットのハードウェアの製作過程およびソフトウェアの作成について報告する。

§ 2 ロボットの構成

ロボットを構成する主要素は、平面を自由に移動できる機構と任意の大きさの物体をつかみ、離すことのできるハンドの2つである。

2. 1 X軸, Y軸方向の移動機構

図1は、本研究で製作した平面を自由に移動できる構造のロボットを示している。ロボットは、ハンドの部分にX軸およびY軸方向に移動させる機構を有している。X軸方向の移動機構は、ステッピングモータ（以後、モータとする）、にベルトを介してスプロケットを回し、これに付けられているスプロケットチェーンの回転で、ガイドに沿って移動レールを動かす機構としている。Y軸方向の移動機構は、モータにベルトを介してスプロケットチェーンを回転させ、ハンドを2本の円筒形ガイドに沿って動かす機構としている。

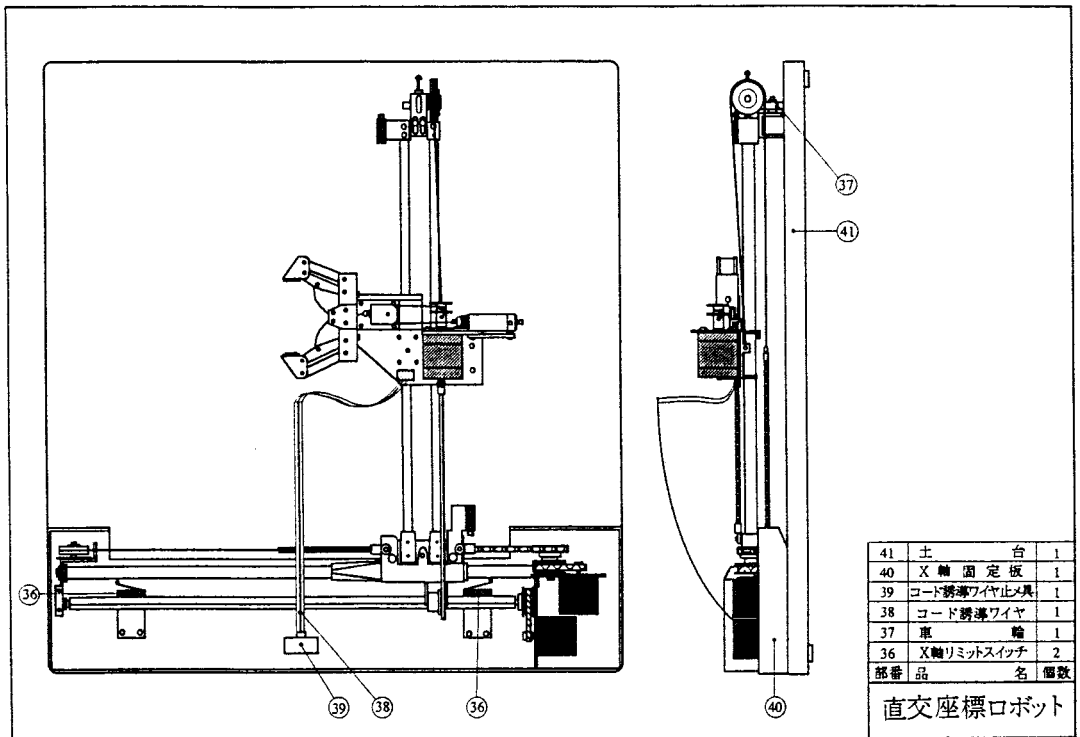


図1 直交座標ロボット

2. 2 ハンドの機構

ハンドは、アルミ合金と鋼板等を加工して製作した。図2は、ハンドの全体図を示している。図に示すように、ハンドが物体をつかむにはモータを回転させ、この軸に取り付けられたプーリを回転させると、プーリに固定されたワイヤは巻きとられる。ワイヤのもう一方の端は、滑車を通して衝撃緩和用スプリングに結ばれ、そのスプリングの端は板に固定されている。このため、プーリの回転によりワイヤが短くなると、ワイヤの通っている滑車を引っ張ることになる。この滑車には、ハンド開閉用ワイヤが取り付けられているため、ハンドが閉まる機構となっている。ハンドが閉ま

ると、モータの回転を停止する必要があるが生じるが、モータの回転は、ツメの先端の内側に取り付けられたハンドセンサの作動により、回転を停止できる。

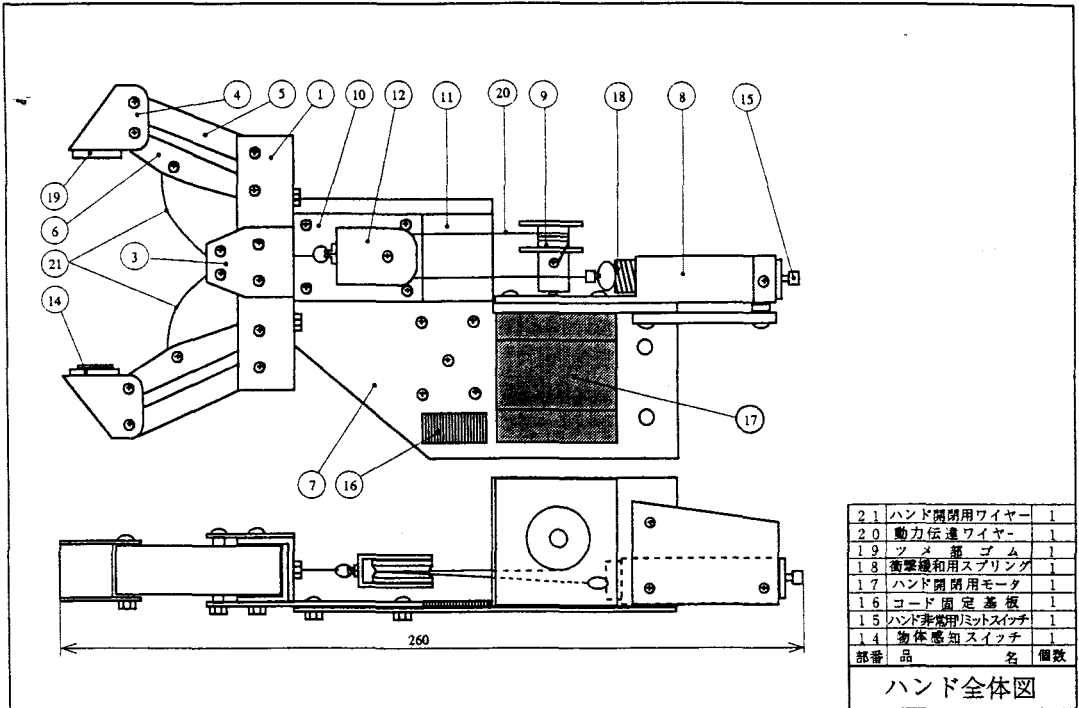


図2 ハンドの全体図

§ 3 モータコントローラとモータドライバー

3. 1 モータコントローラ

モータコントローラMPC-01（以後、MPC-01とする）は、リレー、カウンタ、タイマ等を組み合わせて構成する論理回路の信号処理を、マイクロコンピュータに行わせるもので、入出力部を通じて、各種装置を制御し、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⁽⁴⁾⁽⁵⁾。また、移動距離の表示が可能な1軸コントローラでもある。さらに、パソコンと接続して、複数台のMPC-01を同時に制御できるため、幅広い用途に使用できる。

3. 2 モータドライバー

モータドライバーは、MPC-01用であるモータドライバー3CH-DR-01（以後、3CH-DRとする）を使用した⁽⁶⁾。本システムに使用している3CH-DRは、コントローラとの組合せにより、1台のコントローラで3個のステッピングモータを時間分割でコントロールすることができる。また、動作内容が同じ場合には、3個のステッピングモータを同時に動かすこともできる。さらに、I/O入出ポートを各8個ずつ内蔵しており、コントローラからの命令により、シーケンス制御が可能となっている。

§ 4 ロボットの組立

4. 1 ロボットの制御方法

図3は、コントローラを中心とした直交座標ロボットのシステムの構成図を、図4はその写真を示している。パソコン上で作成したプログラムは、RS-232Cケーブルを通じてコントローラに転送し、時間分割方式を使用して順次、モータを回転をさせることができる。コントローラには、非常停止用のリミットスイッチが付属しており、プログラムの作成ミスによりスイッチが作動すると無条件でモータを停止させることができる。

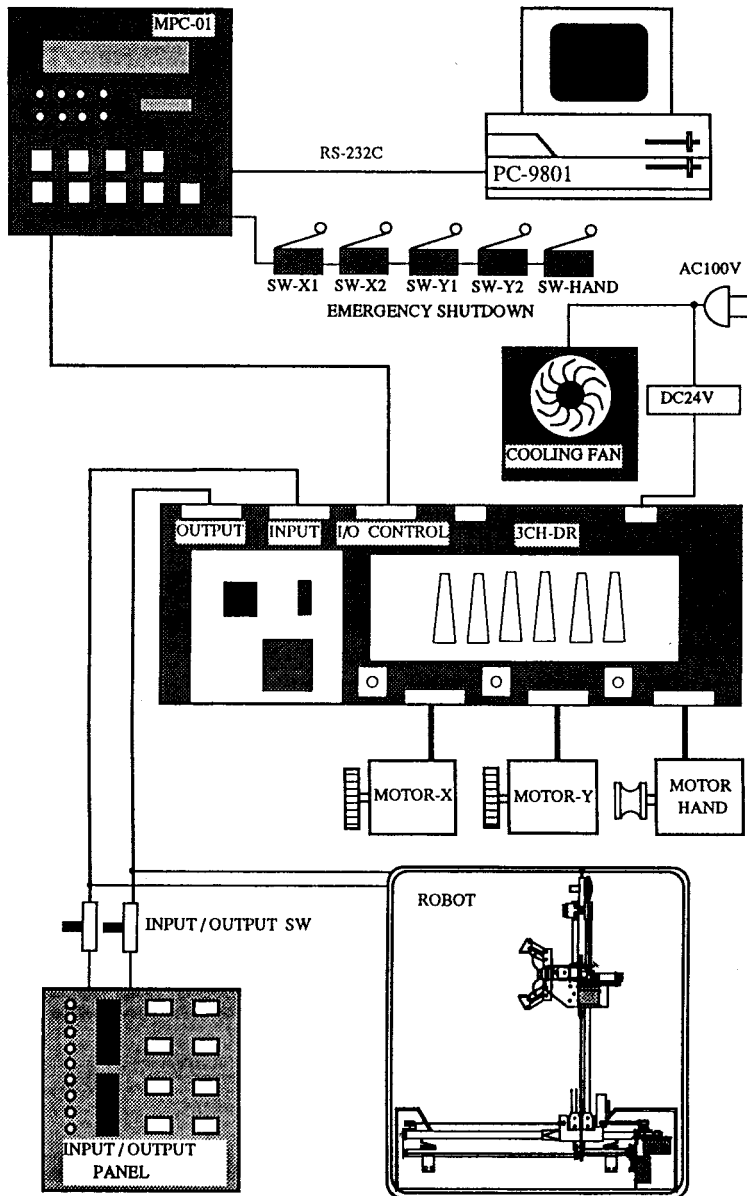


図3 直交座標ロボットのシステムの構成図

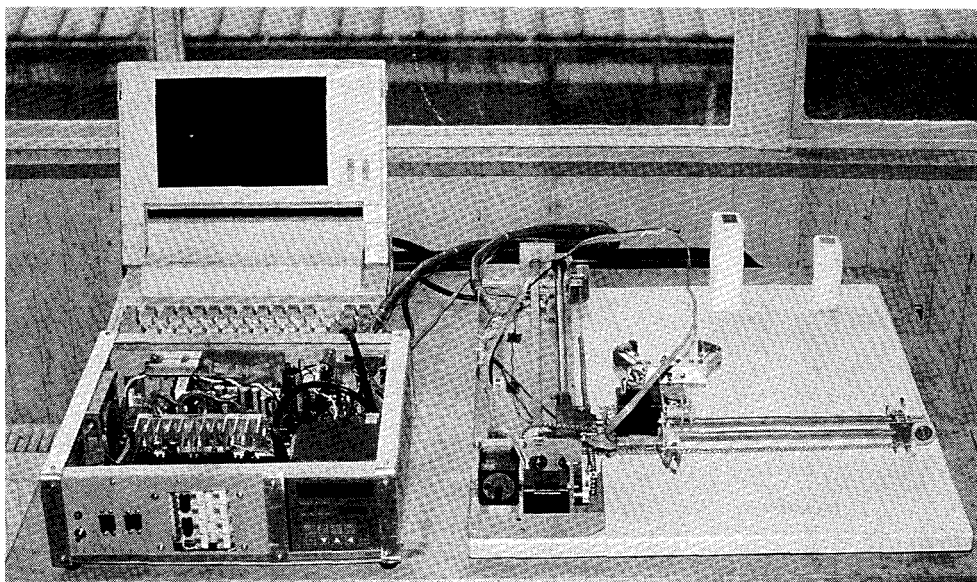


図4 直交座標ロボットのシステム構成写真

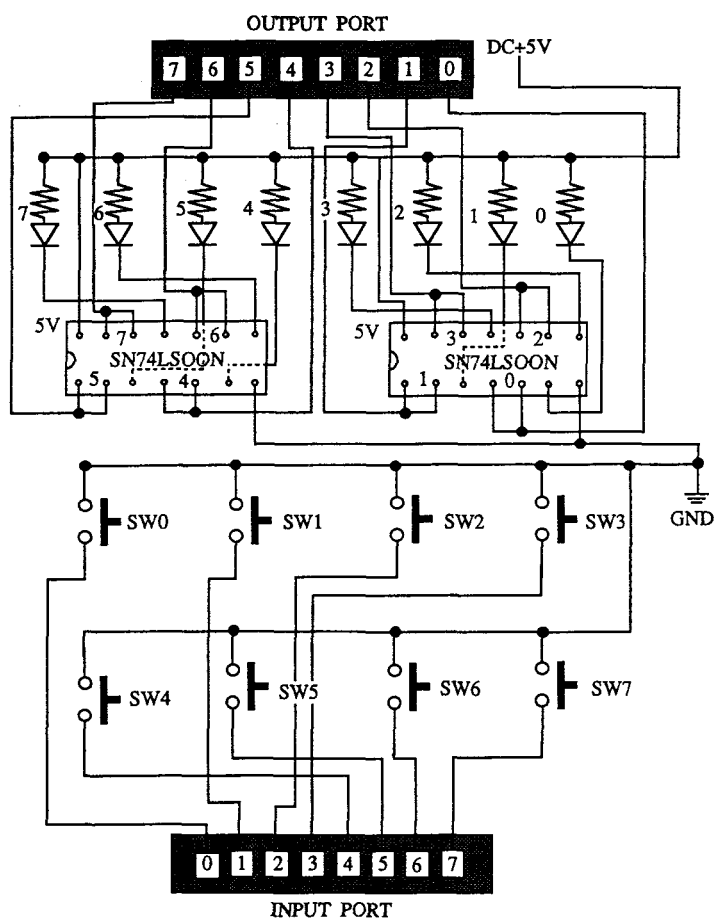


図5 入出力パネル

また、3CH-DRは8つの入出力ポートが付属しているが、この入出力ポートからのデータの入出力状態を、プログラムを作成上で確認できれば、装置全体を動かすことなく、プログラムの作成ができる。このため、図5に示すような入出力パネルを作成した。図に示すように、パネルは8個のプッシュスイッチと8個のLED等で構成されている。プッシュスイッチを押すことにより3CH-DRの入力ポートにデータを入れることができる。また、コントローラからの信号は、3CH-DRの出力ポートを介してデータを転送しパネルのLEDを点灯させることができる。実際に、ロボットを接続した状態で入力ポートを使用する場合には、コントロールボックス側に取り付けたスイッチを切替えることによって、入出力パネルとの接続を解除できる。これらの配線状態を図6に示す。

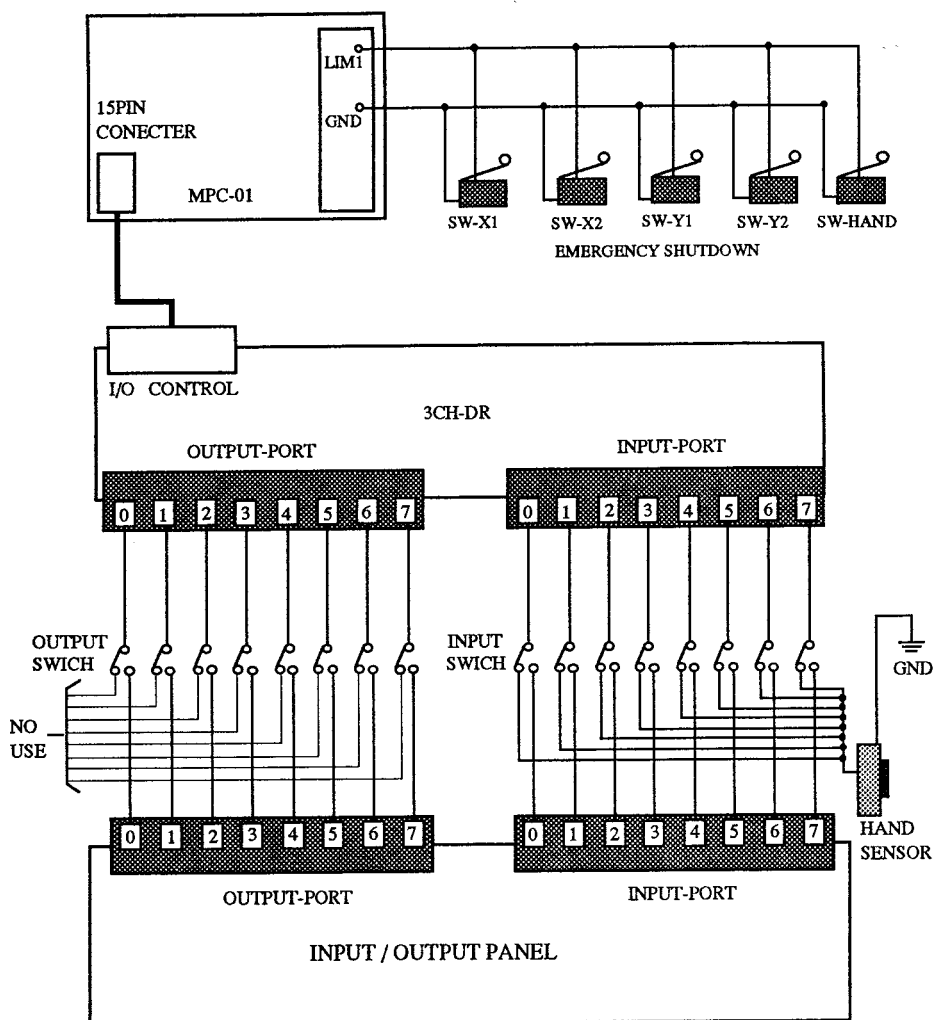


図6 3CH-DRと入出力パネルとの配線図

4. 2 コントロールボックス

コントロールボックスはこれまでに述べたMPC-01, 3CH-DR, I/Oパネル, 冷却ファンを5 Vおよび24V供給用電源と組合せてアルミフレームと鋼板を加工して製作したボックス内に納めたものである。また、ボックスの後に設置したコネクターケーブルをロボットに接続することにより、前面パネルからロボットの操作ができる。図7は、コントロールボックスの写真を示す。

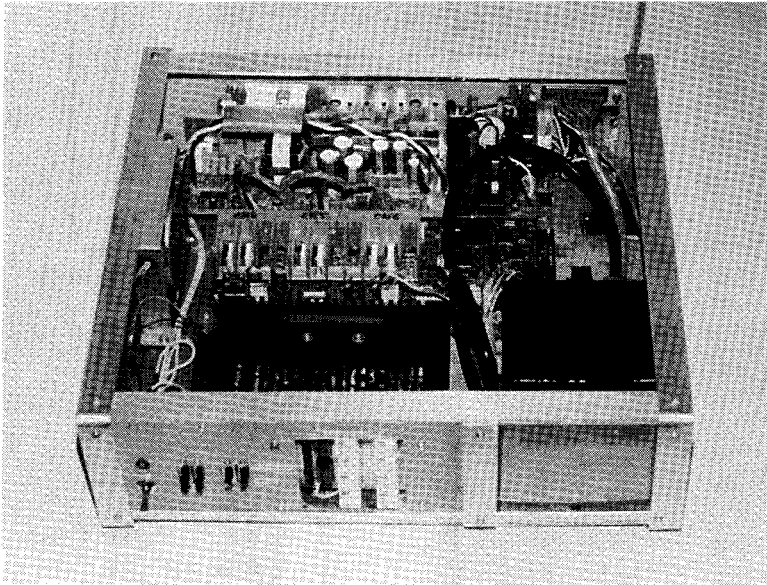


図7 コントロールボックス

§ 5 プログラム

5. 1 パラメーターのデータ

MPC-01は、パラメーターのデータをユーザーが設定することにより、モータの回転速度の調節や停止位置を設定できる。また、パラメーターは8つあるバンクごとに異なった設定が可能であるため、モータの回転速度はバンクの設定値を変えることで8種類の回転速度を得ることができる。

5. 2 プログラム例1

プログラム例1は、原点(0,0)から物体A(8,-6)をつかんで原点に戻り物体を離すプログラムである。物体Aは、実動距離で原点よりX方向に280mm, Y方向に-210mmの位置にある。この状態を図8に示す。このプログラムでは、行きの速度、戻りの速度、およびハンドの開閉の速度を変えるため3つのバンクを使用した。なお、図中に示す太い矢印の実線は、物体Aまでは高速で移動する状態を、細線は物体をつかんだ後、低速度で移動する状態を示している。図9はこれらの状態をチャート図で示す。表1はパラメーターのデーターを、表2はプログラムと動作内容を示している。

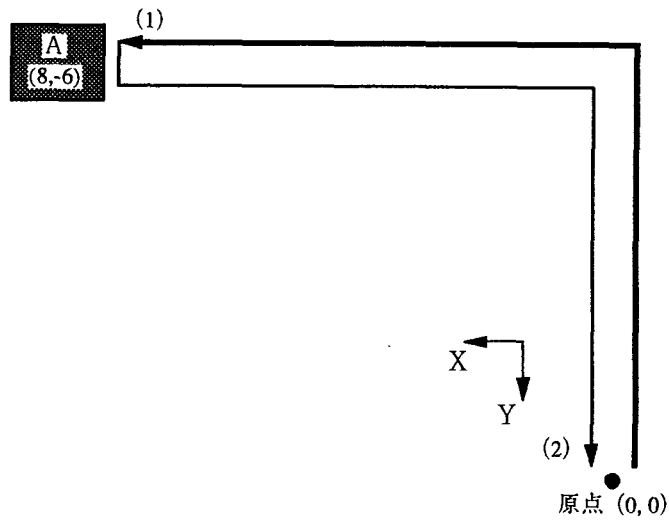


図8 物体までの移動距離

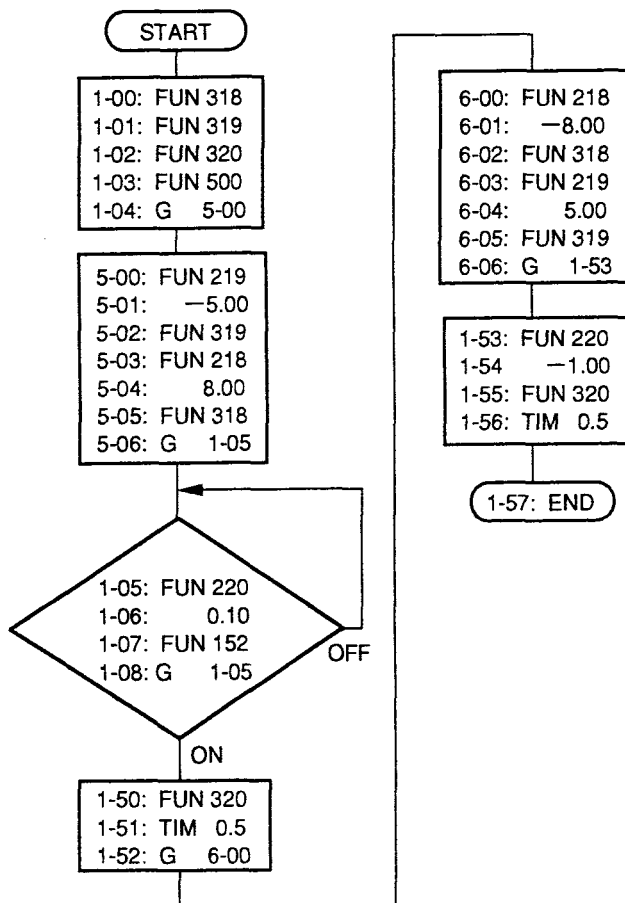


図9 チャート図

表1 パラメーターのデータ

| パラメーター | データ | パラメーター | データ |
|----------------|--------|---------------|-----|
| 小数点位置 | 2 | 起動時ハルスレート(1) | 3 |
| リードピッチ | 2.00 | 高速時ハルスレート(1) | 16 |
| ステップ角 | 0.7200 | SLOOP(1) | 4 |
| 表示オフセット | 0.00 | 起動時ハルスレート(5) | 4 |
| 出力選択方式 | 1 | 高速時ハルスレート(5) | 22 |
| ソフトリミット | -5.50 | SLOOP(5) | 6 |
| ソフトリミット | 9.50 | 起動時ハルスレート(6) | 2 |
| マニュアル起動時ハルスレート | 11 | 高速時ハルスレート(6) | 11 |
| マニュアル高速時ハルスレート | 51 | SLOOP(6) | 3 |
| マニュアルSLOOP | 20 | 移動データモード*セレクト | 1 |

表2 プログラムと動作内容

| バンク-行 | プログラム | 動作内容 |
|-------|----------|----------------|
| 1-00 | FUN 318 | 全モータ初期化 |
| 1-01 | FUN 319 | |
| 1-02 | FUN 320 | |
| 1-03 | FUN 500 | |
| 1-04 | G 5-00 | |
| 1-05 | FUN 220 | |
| 1-06 | 0.10 | |
| 1-07 | FUN 152 | |
| 1-08 | G 1-05 | 1-05へ飛ぶ |
| 1-50 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 |
| 1-51 | TIM 0.50 | 0.5秒待機 |
| 1-52 | G 6-00 | 6-00へ飛ぶ |
| 1-53 | FUN 220 | ハンド部モータ動作選択 |
| 1-54 | -1.00 | ハンドを開く |
| 1-55 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 |
| 1-56 | TIM 0.50 | 0.5秒待機 |
| 1-57 | END | 終了 |
| 5-00 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 5-01 | -5.00 | Y軸方向に -210mm移動 |
| 5-02 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| 5-03 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 5-04 | 8.00 | X軸方向に 260mm移動 |
| 5-05 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 5-06 | G 1-05 | 1-05へ飛ぶ |
| 6-00 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 6-01 | -8.00 | X軸方向に -260mm移動 |
| 6-02 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 6-03 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 6-04 | 5.00 | Y軸方向に 210mm移動 |
| 6-05 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| 6-06 | G 1-53 | 1-53へ飛ぶ |

5. 3 プログラム例2

プログラム例2は、物体Aおよび物体BをCの位置を介して入れ換えるものである。この動作内容を番号順に以下に示す。

- (1) ハンドは原点より発し、物体Aの位置まで移動して物体Aをつかむ。
- (2) 物体Aをつかんだ状態で、Cの位置へ移動し物体Aをはなす。
- (3) Cの位置から物体Bの位置へ移動して物体Bをつかむ。
- (4) 物体Bをつかんだまま物体Aのあった位置へ移動して物体Bをはなす。
- (5) 物体Aを置いているCの位置へ移動して物体Aをつかむ。
- (6) 物体Aをつかんだまま物体Bのあった位置へ移動して物体Aをはなす。
- (7) 原点へ戻る。

図10はこれらの状態を図に示したものである。

図11はこれらの状態をチャート図で示す。表3はパラメーターのデータを、表4はプログラムと動作内容を示している。

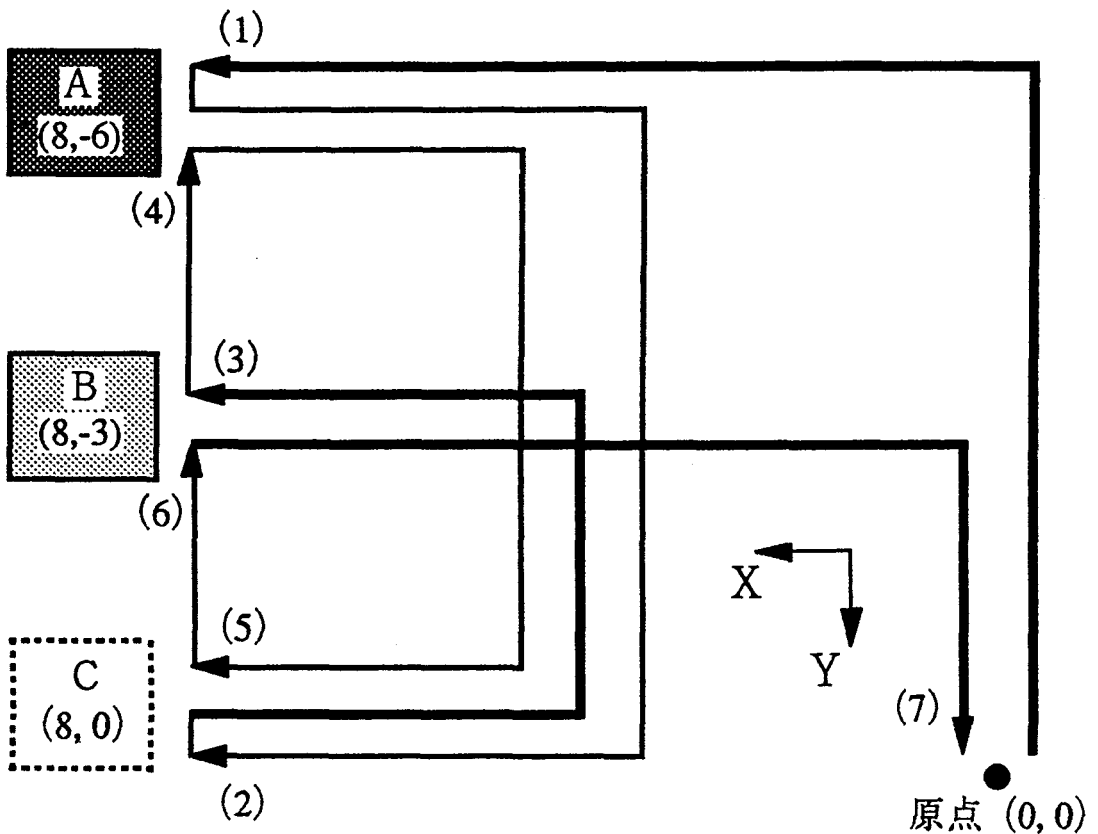


図10 物体までの移動距離

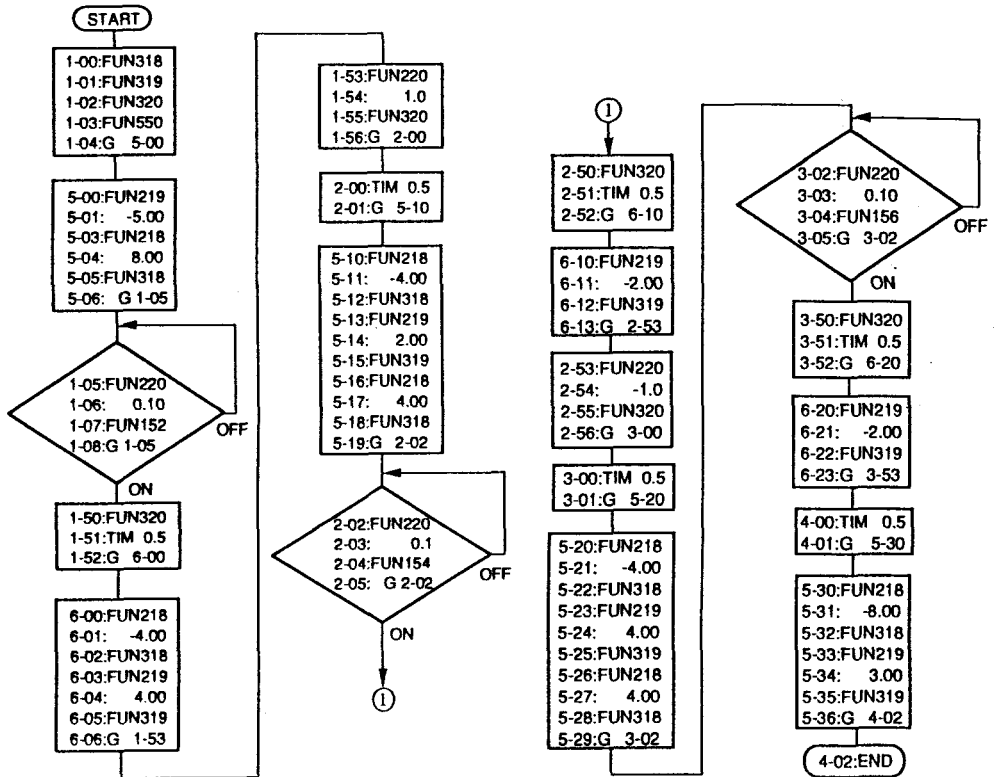


図11 チャート図

表3 パラメーターのデータ

| パラメータ | データ | パラメータ | データ |
|---------------|-----------|--------------|-----|
| 小数点位置 | 2 | 起動時ハスレート (4) | 11 |
| リードピッチ | 2.00 | 高速時ハスレート (4) | 73 |
| ステップ角 | 0.7200 | SLOOP (4) | 20 |
| 表示オフセット | 0.00 | 起動時ハスレート (5) | 4 |
| 出力選択方式 | 1 | 高速時ハスレート (5) | 22 |
| ソフトリミット 1 | - 1999.99 | SLOOP (5) | 6 |
| ソフトリミット 2 | 9999.99 | 起動時ハスレート (6) | 2 |
| マニュアル起動時ハスレート | 11 | 高速時ハスレート (6) | 11 |
| マニュアル高速時ハスレート | 51 | SLOOP (6) | 3 |
| マニュアルSLOOP | 20 | 起動時ハスレート (7) | 11 |
| 起動時ハスレート (1) | 2 | 高速時ハスレート (7) | 73 |
| 高速時ハスレート (1) | 14 | SLOOP (7) | 20 |
| SLOOP (1) | 3 | 起動時ハスレート (8) | 11 |
| 起動時ハスレート (2) | 2 | 高速時ハスレート (8) | 73 |
| 高速時ハスレート (2) | 14 | SLOOP (8) | 20 |
| SLOOP (2) | 3 | 出力形態 | 0 |
| 起動時ハスレート (3) | 2 | モードセレクト | 1 |
| 高速時ハスレート (3) | 14 | 原点出し方向 | 0 |
| SLOOP (3) | 3 | 計器アドレス | 000 |

表4 プログラムと動作内容

| バンク行 | プログラム | 動作内容 | バンク行 | プログラム | 動作内容 |
|------|---------|-------------------|------|---------|-------------|
| 1-00 | FUN 318 | 全モータ初期化 | 5-03 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 1-01 | FUN 319 | | 5-04 | 8.00 | X軸に260mm移動 |
| 1-02 | FUN 320 | | 5-05 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 1-03 | FUN 500 | | 5-06 | G 1.05 | 1-05へ飛ぶ |
| 1-04 | G 5.00 | | | | |
| 1-05 | FUN 220 | | 5-10 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 1-06 | 0.10 | | 5-11 | -4.00 | X軸に-130mm移動 |
| 1-07 | FUN 152 | | 5-12 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 1-08 | G 1.05 | 1-05へ飛ぶ | 5-13 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| | | | 5-14 | -3.00 | Y軸に-105mm移動 |
| 1-50 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 | 5-15 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| 1-51 | TIM 0.5 | 0.5秒待つ | 5-16 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 1-52 | G 6.00 | 6-00へ飛ぶ | 5-17 | 4.00 | X軸に130mm移動 |
| 1-53 | FUN 220 | ハンド部モータ動作選択 | 5-18 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 1-54 | -1.00 | ハンドを開く | 5-19 | G 2.02 | 2-02へ飛ぶ |
| 1-55 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 | 5-20 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 1-56 | G 2.00 | 2-00へ飛ぶ | 5-21 | -4.00 | X軸に-130mm移動 |
| | | | 5-22 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 2-00 | TIM 0.5 | 0.5秒待つ | 5-23 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 2-01 | G 5.10 | 5-10へ飛ぶ | 5-24 | 6.00 | Y軸に210mm移動 |
| 2-02 | FUN 220 | ハンド部モータ動作選択 | 5-25 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| 2-03 | 0.10 | ハンドを少し閉める | 5-26 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 2-04 | FUN 154 | 入力ポート3がONで2-50へ飛ぶ | 5-27 | 4.00 | X軸に130mm移動 |
| 2-05 | G 2.02 | 2-02へ飛ぶ | 5-28 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| | | | 5-29 | G 3.02 | 3-02へ飛ぶ |
| 2-50 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 | 5-30 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 2-51 | TIM 0.5 | 0.5秒待つ | 5-31 | -8.00 | X軸に-260mm移動 |
| 2-52 | G 6.10 | 6-10へ飛ぶ | 5-32 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 2-53 | FUN 220 | ハンド部モータ動作選択 | 5-33 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 2-54 | -1.00 | ハンドを開く | 5-34 | 3.00 | Y軸に105mm移動 |
| 2-55 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 | 5-35 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| 2-56 | G 3.00 | 3-00へ飛ぶ | 5-36 | G 4.02 | 4-02へ飛ぶ |
| | | | | | |
| 3-00 | TIM 0.5 | 0.5秒待つ | 6-00 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 3-01 | G 5.20 | 5-20へ飛ぶ | 6-01 | -4.00 | X軸に-105mm移動 |
| 3-02 | FUN 220 | ハンド部モータ動作選択 | 6-02 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 3-03 | 0.10 | ハンドを少し閉める | 6-03 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 3-04 | FUN 156 | 入力ポート5がONで3-50へ飛ぶ | 6-04 | 6.00 | Y軸に210mm移動 |
| 3-05 | G 3.02 | 3-02へ飛ぶ | 6-05 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| | | | 6-06 | FUN 218 | X軸モータ動作選択 |
| 3-50 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 | 6-07 | 4.00 | X軸に105mm移動 |
| 3-51 | TIM 0.5 | 0.5秒待つ | 6-08 | FUN 318 | X軸モータ動作非選択 |
| 3-52 | G 6.20 | 6-20へ飛ぶ | 6-09 | G 1.53 | 1-53へ飛ぶ |
| 3-53 | FUN 220 | ハンド部モータ動作選択 | 6-10 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 3-54 | -1.00 | ハンドを開く | 6-11 | -3.00 | Y軸に-130mm移動 |
| 3-55 | FUN 320 | ハンド部モータ動作非選択 | 6-12 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| 3-56 | G 4.00 | 4-00へ飛ぶ | 6-13 | G 2.53 | 2-53へ飛ぶ |
| | | | | | |
| 4-00 | TIM 0.5 | 0.5秒待つ | 6-20 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 |
| 4-01 | G 5.30 | 5-30へ飛ぶ | 6-21 | -3.00 | Y軸に-130mm移動 |
| 4-02 | END | 終了 | 6-22 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 |
| | | | 6-23 | G 3.53 | 3-53へ飛ぶ |
| 5-00 | FUN 219 | Y軸モータ動作選択 | | | |
| 5-01 | -6.00 | Y軸に-210mm移動 | | | |
| 5-02 | FUN 319 | Y軸モータ動作非選択 | | | |

§ 6 結 言

直交座標ロボットを設計製作し、MPC-01を使用して制御した結果についてまとめると、以下のようになる。

1. モータによってハンドを開閉できる機構を製作することができた。
2. プッシュスイッチによる入出力の確認パネルを作ることにより、直交座標ロボットを接続することなくプログラムのチェックが可能なコントロールボックスを製作できた。
3. プログラムの作成が非常に容易であるため、プログラムの作成時間およびプログラムミスに伴う時間が大幅に短縮可能となった。
4. MPC-01を使用して制御できる直交座標ロボットを設計、製作することができた。

最後に、本研究は、大石および竹内両氏の卒業研究として行われたことを付記し、両氏に感謝します。

<参考文献>

- (1)野原，マイクロコンピュータによる天井クレーンの制御，呉高専研究報告，27-1（1991），11
- (2)野原，モータコントローラによるマイクロフライス盤の制御，呉高専研究報告，28-1（1992），105
- (3)野原，モータコントローラによる自動倉庫の制御，呉高専研究報告，29-1（1993），41
- (4)㈱ミニパイロ電機，ステッピングモータコントローラ取扱説明書
- (5)㈱ミニパイロ電機，MPC-01専用コントロールソフト取扱説明書
- (6)㈱ミニパイロ電機，3CH-DR-01取扱説明書

（平成6年4月15日受付）

グロー放電陰極降下領域における電子の挙動

電気工学科 山 崎 勉

Behavior of Electrons in the Cathode Fall Region of a Glow Discharge

Tsutomu YAMAZAKI

Development of electron velocity distribution function in the cathode fall region of an argon glow discharge are investigated theoretically by computer simulation. One dimensional bimodal electron beam transport analysis is applied to electron swarms, emitted from a cathode, travel toward a negative glow in the parabolic potential distribution. In this simulation model, only two processes are considered to calculate electron velocity distribution functions as the acceleration by electric field and the collisional scattering. And this simulation program required only small memory capacity and small processing time compared to some other method such as Monte Carlo method and Flux Corrected Transport method. Obtained results were qualitatively in good agreement with recently issued theoretical results and experimental reports.

§ 1 まえがき

グロー放電の陰極降下領域内の電子速度分布関数はグロー放電の放電励起機構の理論解析に対し重要な役割をもっている。低気圧放電でのこの領域は電極近くに狭く分布し、その中では電位分布が大きく変化し、この空間内の不均一性が著しい。そのため、位置と速度の両方を変数とする分布関数を求める必要がある。そして、得られた分布関数を用いて電子輸送係数や放電の諸量を求め、その励起機構の解析が行なわれる。

近年のコンピュータの進歩は著しく、安価なパーソナルコンピュータやワークステーションを利用した放電励起機構の研究が盛んに試みられるようになった。例えば、DiCarlo 氏ら⁽¹⁾による Flux Corrected Transport 法では、電子に対するボルツマン輸送方程式を初期値問題として数値積分することにより電子速度分布関数を求めている。差分式で表わしたボルツマン方程式に、電子流束 (flux) を考慮して計算の高速化・高精度化を図っている。また、Paulick 氏⁽²⁾は、位置を一次元の静電電位の分布方向について、全エネルギー (運動エネルギーと静電エネルギー) の変数の中に含ませ、一変数の微分方程式に変換し、Euler & Cauchy 法で解いた。

ところで、以前に負グローにおける電子エネルギー分布関数の計算結果を報告した⁽³⁾。その中で、この領域に入射してくる電子のエネルギー分布関数にビーム成分を仮定した。この成分は放電条件により大きく変化するものと考えられる。

一方、モンテカルロ法により陰極から陰極下降領域を通して負グローまでの電子エネルギー分布関数の計算結果を報告した⁽⁴⁾。この計算は大量の計算時間を要し実用的でないが、十分な計算結果は現象を正確に再現できる。そこで、グロー放電陽光柱内での電子エネルギー分布関数の導出に用いられているボルツマン方程式の二項近似のような簡単な計算方法が必要である。

ここでは、簡単に現象に近いモデル化を行ない、記憶容量が小さくてすむ方法を用いて、陰極下降領域での電子速度分布関数を位置と速度について算出することを試みる。また、以前に行った電子エネルギー分布関数の測定結果⁽⁵⁾との比較検討も試みた。

§ 2 理論

低気圧グロー放電の陰極下降領域における電子の挙動について検討する。解析は位置について一次元、その正・負の両方の速度のみを考える。また、電位分布は与えられたものを用い、計算による導出は考えない。

グロー放電の陰極下降領域における電界強度分布は直線で表される事が実験で示されている⁽⁶⁾。この時、電位分布は放物曲線で近似できる。陰極降下にかかる電圧 V その厚さを d で表わすと電位分布 $\phi(x)$ は次式で表される。

$$\phi(x) = V \left(\frac{2x}{d} - \left(\frac{x}{d} \right)^2 \right)$$

陰極 $x=0$, $\phi(0)=0$, 負グロー $x=d$, $\phi(d)=V$ 。また放電気体はアルゴンとし、その気体分子密度 $N \approx 3.5 \times 10^{16} \cdot P$ [cm^{-3}] で表わした。ここで P は[Torr] 単位で測った気体圧力 ($1 \text{ Torr} \approx 133 \text{ Pa}$)。

電子は陰極よりある初速度分布をもって放出される。例えば次式のような分布を与える⁽²⁾。

$$f_0(u) = 4 - |u - 3| \quad 0 \leq u \leq 7 \text{ eV}$$

u は電子エネルギーを表わし、初速度分布は陰極を飛び出す方向成分のみとし $u > 7 \text{ eV}$ の電子はいないと仮定する。この電子群は電界による加速を受け、衝突により散乱されながら高電位の方向に進んで行く。この時、各位置を移動してゆく電子の速度分布関数を位置毎に計算することを考える。

電子群のエネルギー収支は電界によるエネルギー利得と衝突によるエネルギー損失の平衡により決定される。空間内での電子の消滅（再結合による）は考えず、電子数は保存され、電離による新しい電子の追加があるものとする。

さて、陰極から距離 x の位置での電子密度を $n(x)$ 、またその速度分布関数を $f(v)$ とする。ただし、次式で表わされる規格化条件を満足する。

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(v) dv = 1$$

ところで、速度 v はその大きさに対して、エネルギー u [eV] に変換できる。

$$u = \frac{mv^2}{2e} \quad \text{または} \quad |v| = \sqrt{\frac{2eu}{m}}$$

ここで、 m は電子質量、 e は電気素量。以下ではエネルギーを用いて話を進める。

位置 x と $x+dx$, 速度エネルギー u と $u+du$ の間にある電子数は次式で表わされる。

$$dn = n(x) f(u) du dx$$

衝突について⁽⁷⁾

密度 N の標的粒子のところに密度 $n(x)$ の粒子が入射し, dx の距離移動すると衝突により散乱される入射粒子の数 dn は入射粒子数, 標的粒子数と移動する距離に比例する。比例係数 Q とすると

$$dn = -QNdx$$

ここで, Q は衝突断面積, NQ は衝突確率とよばれ, $NQdx$ が十分小さい場合を考えている。

速度分布を考えると, 位置 x において速度(エネルギー u) u と $u+du$ の間にある電子群 $n(x)f(u)du$ は dx 進む間に衝突して散乱される電子数 dn は次式で表わされる。

$$dn = NQ(u) n(x) f(u) du dx$$

一方, 衝突せずに $x+dx$ に達する電子数は次のようになる。

$$n(x) f(u) du - dn = n(x) f(u) (1 - NQ(u) dx) du$$

衝突によりこの速度またはエネルギーは変化し, 衝突前とは異なったエネルギーになる (scatter-out). 一方, 衝突後そのエネルギーが u になる電子もある (scatter-in). 電子衝突は気体分子との弾性衝突の他に気体分子の励起や電離のような非弾性衝突がある。それらの衝突によるエネルギーの変化は衝突の種類により異なり衝突前のエネルギーを u とすると, 衝突後のエネルギーは $u - \delta u$, $u - U_{ex}$, $u - U_{in}$ になる。ここで $\delta = 2m/M$, M は気体分子の質量, δ は弾性衝突による損失係数とよばれる。衝突により, 散乱され失われる電子数は各衝突過程について次のように表わされる。それぞれの過程を el , ex , in の添字で表わす。

$$\begin{aligned} dn_{el} &= NQ_{el}(u) nf \cdot dx du & \cdots \cdots \text{scatter-out} \\ dn_{ex} &= NQ_{ex}(u) nf \cdot dx du & dn = dn_{el} + dn_{ex} + dn_{in} \\ dn_{in} &= NQ_{in}(u) nf \cdot dx du \end{aligned}$$

一方, 衝突後エネルギーが u になって入射してくる電子数は次のとおり。

$$\begin{aligned} dn'_{el} &= NQ_{el}(u + \frac{\delta}{1-\delta}u) nf(u + \frac{\delta}{1-\delta}u) dx du & \cdots \cdots \text{scatter-in} \\ dn'_{ex} &= NQ_{ex}(u + U_{ex}) nf(u + U_{ex}) dx du & dn' = dn'_{el} + dn'_{ex} + dn'_{in} \\ dn'_{in} &= NQ_{in}(u + U_{in}) nf(u + U_{in}) dx du \end{aligned}$$

さて、 dx の間で衝突しなかった電子は電界 E の中で加速されエネルギーを得る。この間は運動方程式で表わされる。時刻 t において

$$m \frac{dv}{dt} = -eE, \text{ 電界は } E = -\frac{d\phi}{dx} \text{ で表わされる。また, } v = \frac{dx}{dt}$$

これより、時刻 t から $t + dt$ までの運動を考え、運動方程式の両辺に v を掛けて積分すると次のようになる。

$$\frac{m}{2} \cdot v^2(t + dt) - e\phi(x(t + dt)) = \frac{m}{2} \cdot v^2(t) - e\phi(x(t))$$

すなわち、電子のエネルギーで表わすと、移動した距離に相当する静電ポテンシャルの変化分がエネルギー利得となる。

$$\begin{aligned} u(t + dt) &= u(t) + \phi(x(t + dt)) - \phi(x(t)) \\ &= u(t) + \phi(x + dx) - \phi(x) \end{aligned}$$

dx 進む間に得るエネルギーは静電ポテンシャル差 $d\phi = \phi(x + dx) - \phi(x)$ である。速度分布関数は一定のエネルギー間隔 du ごとに数値表現している。これに対して、 dx の幅を du と等しくなるように選ぶと、電界中の運動により dx 進み、 x においてエネルギー u の電子は $x + dx$ においては $u + du$ になる。ただし、 dx は衝突確率に対し十分小さく $NQdx < 1$ となるように選ぶ必要がある。

x と $x + dx$ の間で衝突しなかった電子群 $n(x)f(u)(1 - NQ(u) \cdot dx)du$ は、 $x + dx$ において $n(x + dx)f(u + du) = n(x)f(u)(1 - NQ(u) \cdot dx)du$ に変わる。 dx の間で衝突した電子群は衝突に応じたエネルギーを失ない、再び加速される。 dx のどこで衝突し、その後いくらのエネルギーを得るかは考えず、ここでは dx の始まりの所で散乱され dx の距離加速されたと考える。そこで、衝突も考慮すると $x + dx$ に到着する電子のうちエネルギーが u と $u + du$ のものは次のようになる。

$$\begin{aligned} n(x + dx)f(u)du &= n(x)f(u - du)du(1 - N(Q_{el}(u - du) \\ &\quad + Q_{ex}(u - du) + Q_{in}(u - du))dx) \\ &\quad + NQ_{el}((u - du)/(1 - \delta))n(x) \cdot f((u - du)/(1 - \delta))dudx \\ &\quad + NQ_{ex}(u - du + U_{ex})n(x)f(u - du + U_{ex})dudx \\ &\quad + NQ_{in}(u - du + U_{in})n(x)f(u - du + U_{in})dudx \end{aligned}$$

全体を $n(x)du$ で割り、 $u \leftarrow u + du$ と代入して表わすと

$$\begin{aligned} \frac{n(x + dx)}{n(x)} f(u + du) &= (1 - N(Q_{el}(u) + Q_{ex}(u) + Q_{in}(u))dx) f(u) \\ &\quad + NQ_{el}(u/(1 - \delta)) f(u/(1 - \delta))dx \\ &\quad + NQ_{ex}(u + U_{ex}) f(u + U_{ex})dx \\ &\quad + NQ_{in}(u + U_{in}) f(u + U_{in})dx \end{aligned}$$

ここで、右辺は x での速度分布関数 $f(u)$ である。速度分布関数のみに注目すると $n(x + dx) = n(x)$ と考えればよい。以上の他に電離によって発生した電子が追加される。ここでは電離された電子の速度

はほぼ零, $u = 0$ として, 衝突した電子がエネルギーをすべて持ち去ったと仮定する。この時, 発生電子の項 dn'' は次式で表わされる。

$$dn'' = \delta(u) \int_0^{U_{\max}} NQ_{in}(u)n(x) \cdot f(u)du dx \quad U_{\max} \text{は } x \text{ と } x + dx \text{ での最大エネルギー値}$$

$$\doteq \left[\delta(u) \sum_{-U_{\max}}^{U_{\max}} NQ_{in}(u)dx \cdot f(u)du \right] n(x)du$$

ところで, 衝突による散乱の角度分布を等方的であると仮定すると, 一次元解析では前方 ($v > 0$) と後方 ($v < 0$) に等分される。速度分布関数 $f(u)$ は前方分布 $f_d(u)$ と後方分布 $f_c(u)$ で構成され, 規格化条件は次のようになる。

$f(u) = f_d(u) + f_c(u)$ 左辺をエネルギー分布関数, 右辺を速度分布関数と呼ぶ。

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(v)dv = \int_0^{\infty} f_c(u)du + \int_0^{\infty} f_d(u)du = \int_0^{\infty} f(u)du = 1$$

この時, x から $x + dx$ の運動により, $f_d(u) \mid_x \rightarrow f_d(u + du) \mid_{x+dx}$ となり, 逆方向に運動する場合は, $f_c(u) \mid_x \rightarrow f_c(u - du) \mid_{x+dx}$ となる。

陰極の初速度分布から出発して, 位置 x での電子速度分布関数を上式により計算し, 規格化する。次に位置を $dx = du$ 移動して同様に速度分布関数を逐次求め, 高電位側に向って計算を進めていった。実際の計算は時間の節約を考えて, 電子速度分布関数の電子エネルギーの大きな方から $u = 0$ に向って解いて行った。これにより dn' の項が一回で定まる。

計算は低気圧アルゴン気体について実行し, この電子速度分布関数, エネルギー分布関数の位置による変化を求めた。衝突としては, 弾性衝突の他, 直接励起と直接電離のみを考えた。また, 励起は全励起断面積を用い, その励起エネルギー $U_{ex} = 11.55$ [eV] を代表値として選んだ。 Q_{el} , Q_{ex} , Q_{in} , の衝突断面積は次の近似式を利用した⁽⁸⁾。単位は 10^{-16}cm^2 。

$$Q_{el}(u) = \begin{cases} 1.41u + 0.0136 & 0 \leq u \leq 11.5 \\ 284/(u + 6) & 11.5 \leq u \end{cases}$$

$$Q_{ex}(u) = \frac{10.716}{u} \ln \left[1 + \frac{u(0.13(u - 11.5) + 0.073(u - 11.5)^2)}{38} \right] \quad u \geq 11.55 = U_{ex}$$

$$Q_{in}(u) = \frac{141}{u} \ln [1 + 0.01(u - 15.7)u] \quad u \geq 15.76 = U_{in}$$

非弾性衝突は, その励起エネルギー以下の所での衝突断面積の値は零である。

得られた分布関数より平均エネルギー, 平均速度, 衝突周波数等を求めた。

§ 3 結果とその考察

アルゴン 1 Torr, 陰極降下電圧 210 V その厚さ 3mm の場合の電子速度分布関数の例を図 1 に示す。計算に用いたエネルギー刻み幅はすべて $du = 0.1 \text{ eV}$ とした。これに対応して $d\phi = du = 0.1 \text{ V}$ となる。速度分布関数は陰極 $x = 0$, $\phi = 0$ から出発して逐次求めていくので, dx の値は次のようにして

求める。すなわち、位置 x とその電位 $\phi(x)$ に対し dx 移動するとき $d\phi$ の電位変化になる。

$$x + dx = d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\phi(x)}{V} - \frac{d\phi}{V}} \right) \quad dx = [x + dx] - x$$

x , $\phi(x)$ より, $\phi(x + dx) = \phi(x) + d\phi$, $d\phi = du = 0.1 \text{ V}$ である。図には電位が 10, 30, 60, 90, 140, 180 V の場合について示した。電位の高い方向を向いた電子数 (図では右側) が, 負方向成分より多く存在する。また高電位の方向成分には鋭いピークがみえる。このピークは, 電位の高い正方向に進につれ, 高いエネルギー側に移動し, しだいに低く, 鋭さを失っていつている。負方向成分には $\phi = 30 \text{ V}$ 位までは極大値をとる所があるが, この後は高エネルギー側に単調に減少する分布になっている。その値は正方向成分に比べ半分程度と小さくなっている。 $\phi = 60 \text{ V}$ を越えると, 正方向成分

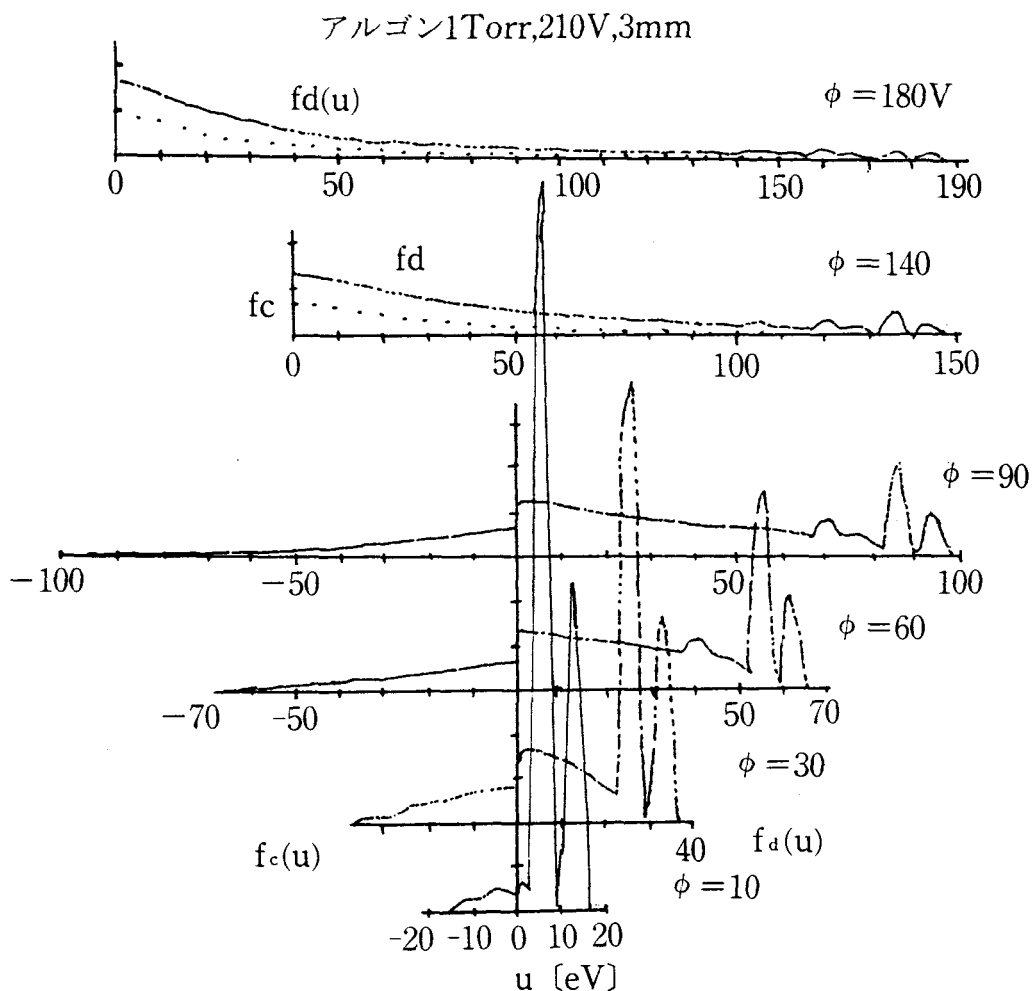


図1 電子速度分布関数の陰極降下領域内での変化
電位 ϕ の値における速度分布関数

に第3, 第4のピークが現われている。これは第1, 第2のピークから非弾性衝突によって生成され励起エネルギーの程度の差が確認できる。電位が増してゆくと, このピークの数も増加してゆくが, ピークの高さが下がっていくためしだいに不明確になり, 陰極降下部の端付近では単調減少の分布に変わっていく。エネルギーの高い側から, 各ピークを第1, 第2, \dots とすると, 第1と第2のピークは弾性散乱によって作られ, これら以外は非弾性衝突で形成されている。

電子エネルギー分布関数 $f(u)$ で表わした場合を図2に示す。前述の正方向成分 $f_a(u)$ と負方向成分

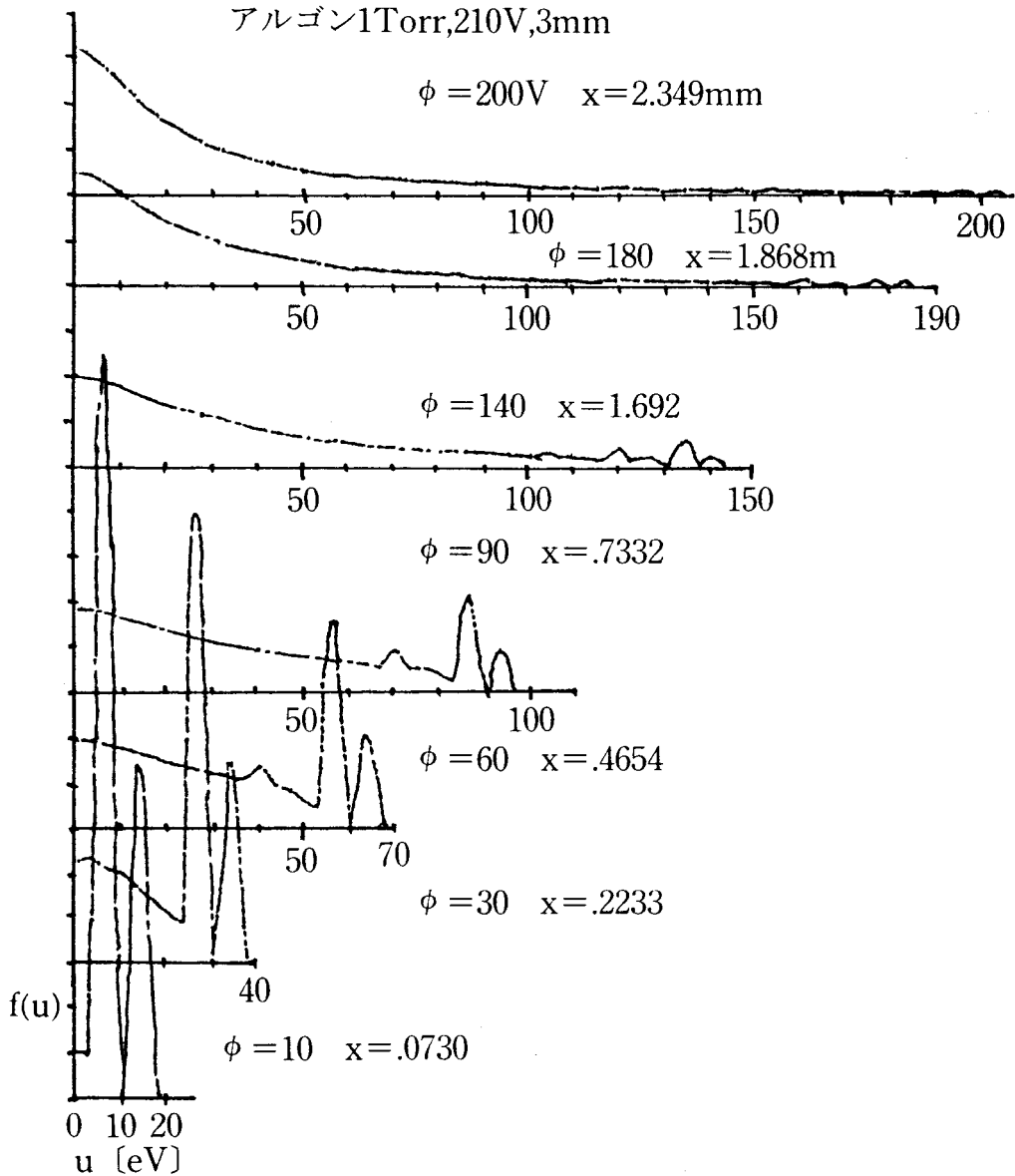


図2 電子エネルギー分布関数の陰極降下領域内での変化

$f_c(u)$ の和である。負方向部分が加わるため速度分布関数の正方向成分の低エネルギー領域の分布の傾きが急になっている。以前に報告したモンテカルロ法による結果⁽⁴⁾と比較すると、今回の計算の方が陰極降下領域における電子群の発展のようすが明確にわかる。このような分布関数の発展のようすは DiCarlo

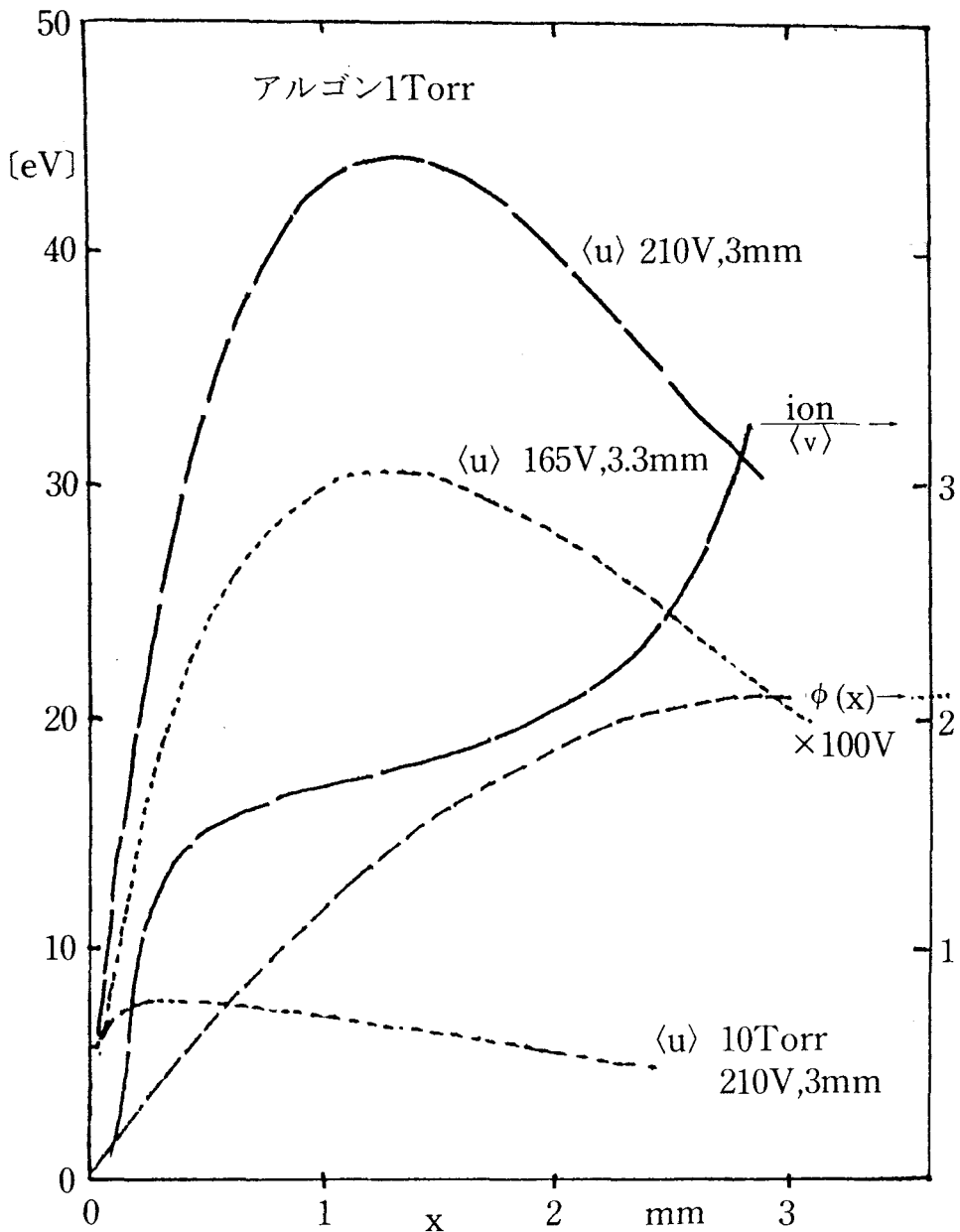


図3 平均エネルギーの陰極降下領域における位置依存性
電圧, 厚さが異なる場について比較してある。210 V, 3 mm
における電離周波数/平均速度の値が示してある。

氏らの結果⁽¹⁾とよく合っている。モンテカルロ法の計算に比べ今回の計算では計算時間は10分の1程度、計算の刻み幅は10分の1になっている。

次に陰極降下領域の各位置での平均エネルギー、衝突周波数、電離係数の値を図3と図4に示す。平均エネルギーは急激に増加した後、ゆっくりと減少し始める。その最大値は44 eV で陰極から1.3mm,

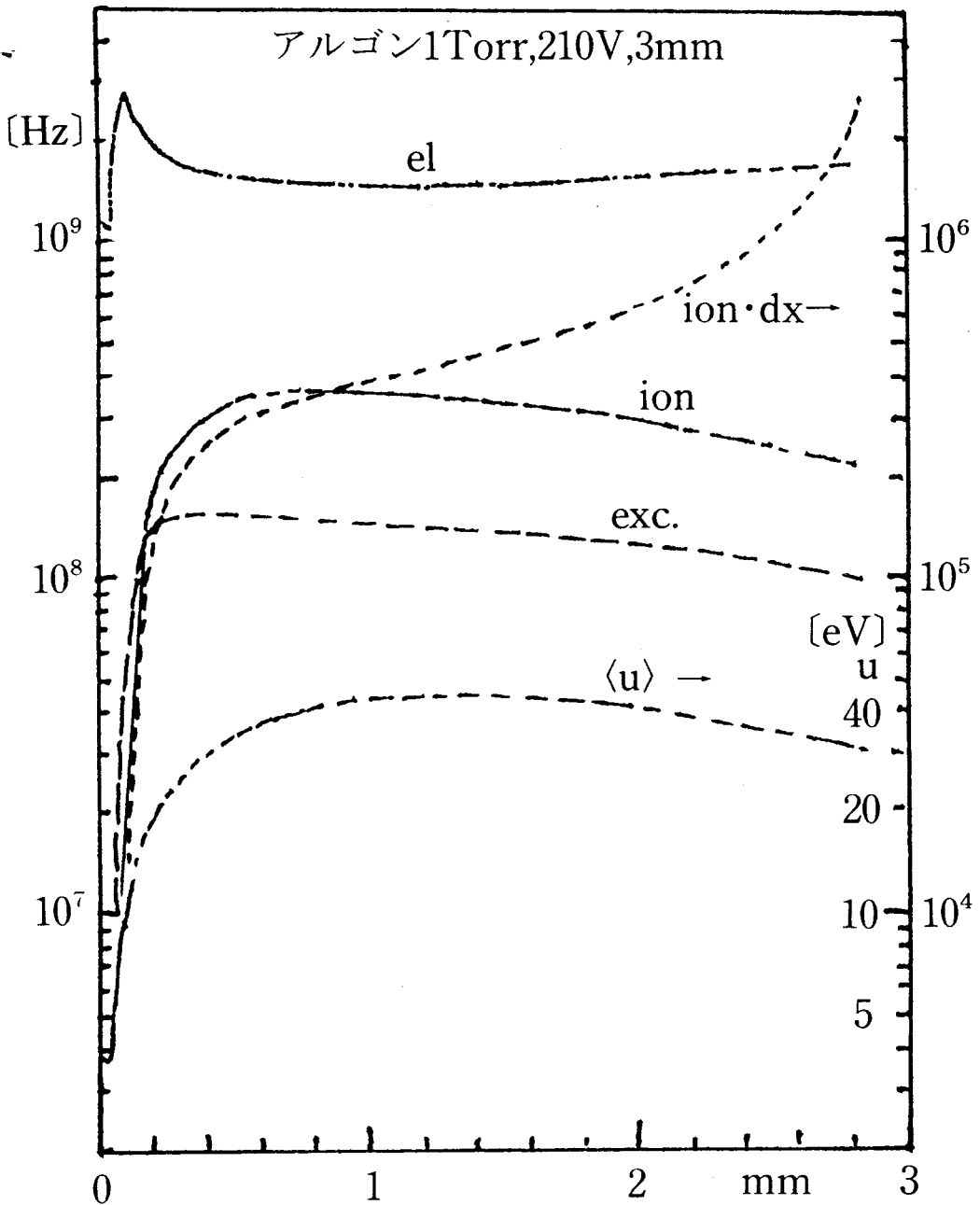


図4 衝突周波数と平均エネルギー、微小空間 dx での電離数の位置依存性

$\phi = 143$ Vである。同図に、電位分布も示しておいた。ある位置での電子エネルギー分布関数を用いて計算した電離周波数を電子速度分布関数を用いて計算した平均速度で割った値を電離係数として、平均エネルギーとともに示してある。電離衝突の閾エネルギーを越えた所から急激に増加し、 $\phi = 60$ V付近からゆるやかな増加になっている。その後、 $\phi = 200$ V付近から再び急増している。陰極近くでは、

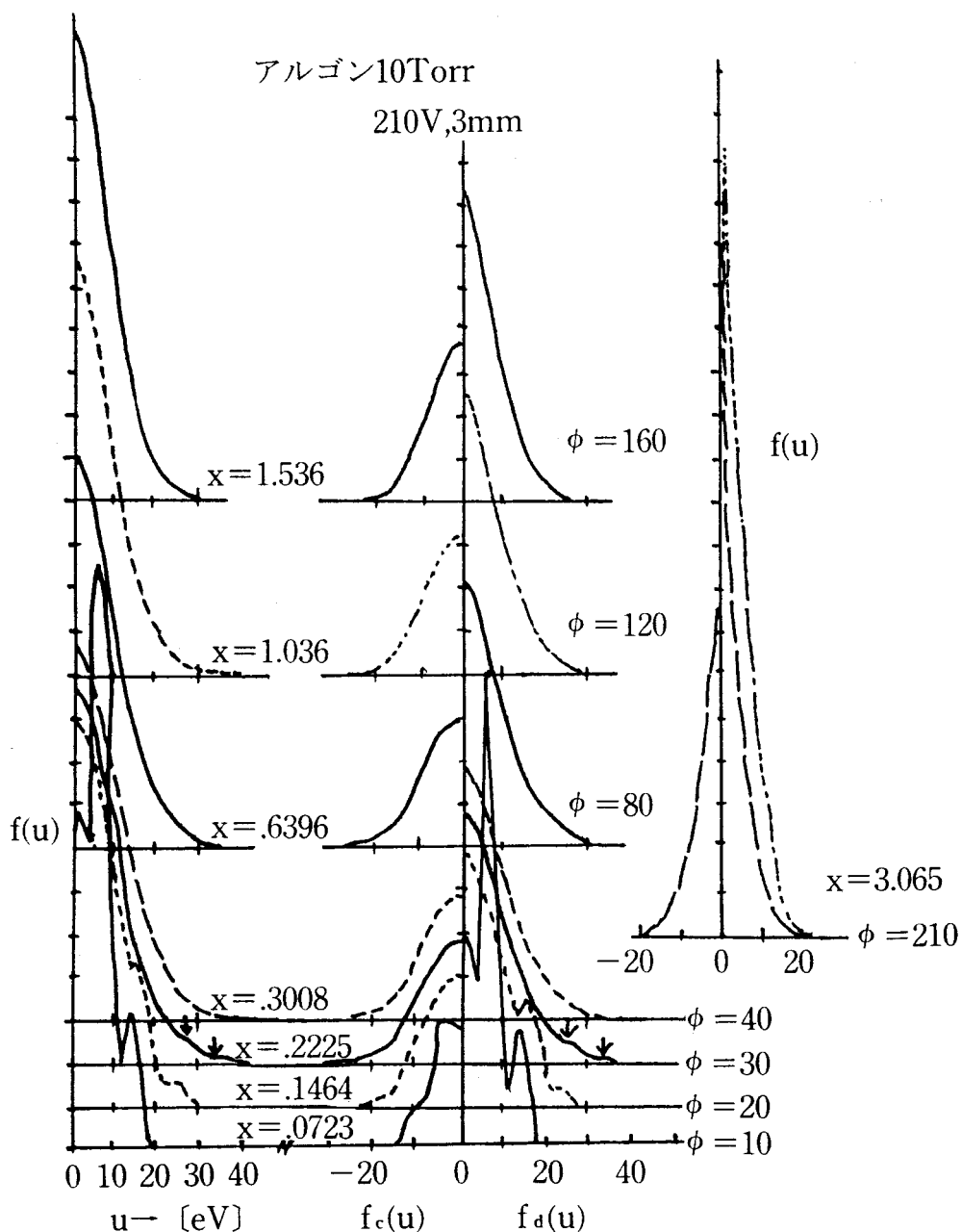


図5 10 Torr の場合の電子速度分布関数と電子エネルギー分布関数の位置依存性

電離断面積の影響を強く受け、 $\phi > 200$ V では低エネルギー側に生成された高速二次電子の増加により、上記係数が急増すると考えられる。

衝突周波数をみると、衝突断面積の大きな弾性衝突は最も大きく、次に電離または励起周波数がきている。電極付近で急変するのを除くとほぼ一定値に近い。弾性衝突はわずかに増加してゆき、電離励起は減少している。電極付近で、電離や励起は閾エネルギーのため急変する。一方弾性衝突は、電子エネルギー分布が電界による加速で高エネルギー側に移動してくる時、各エネルギー値での弾性衝突の衝突断面積に依存した変化となっている。同図の中に、各 dx の幅の中で生じた電離の数も示してある。この値は、電離係数と同じような位置依存性をもっているが、衝突周波数は片対数で示してあ

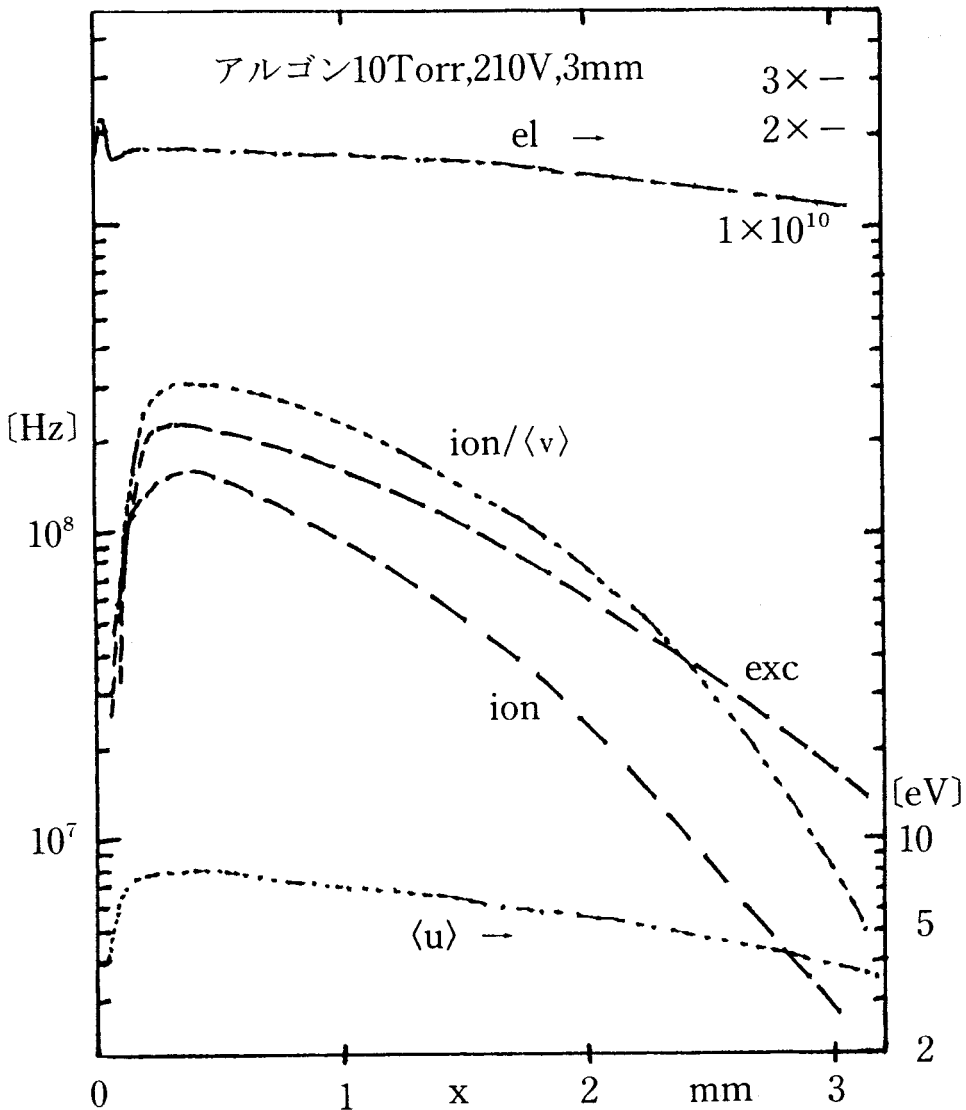


図6 衝突周波数，平均エネルギー，微小空間 dx での電離数の位置依存性

るので、こちらの方が変化は大きいことになる。ともに電位の高いところで大きくなっているが、それより高電位側また x の大きい所では、電界が小さくなり、多数の衝突によりエネルギーを失い、高速電子は減少してゆく。熱化した低速電子群と励起エネルギー以下の低速電子が分布関数の主体となり、高速電子による電離は減少する。それとともに電離係数も減少し、負グローが広がっている状況に移ってゆく。

図5と図6に気圧が高い場合の例を示す。 $P=10$ Torr, $V=210$ V, $d=3$ mmの場合である。分布関数は電極に近いところでピーク性を失ない、 $\phi=30$ V 付近から正、負両方向とも単調減少となって

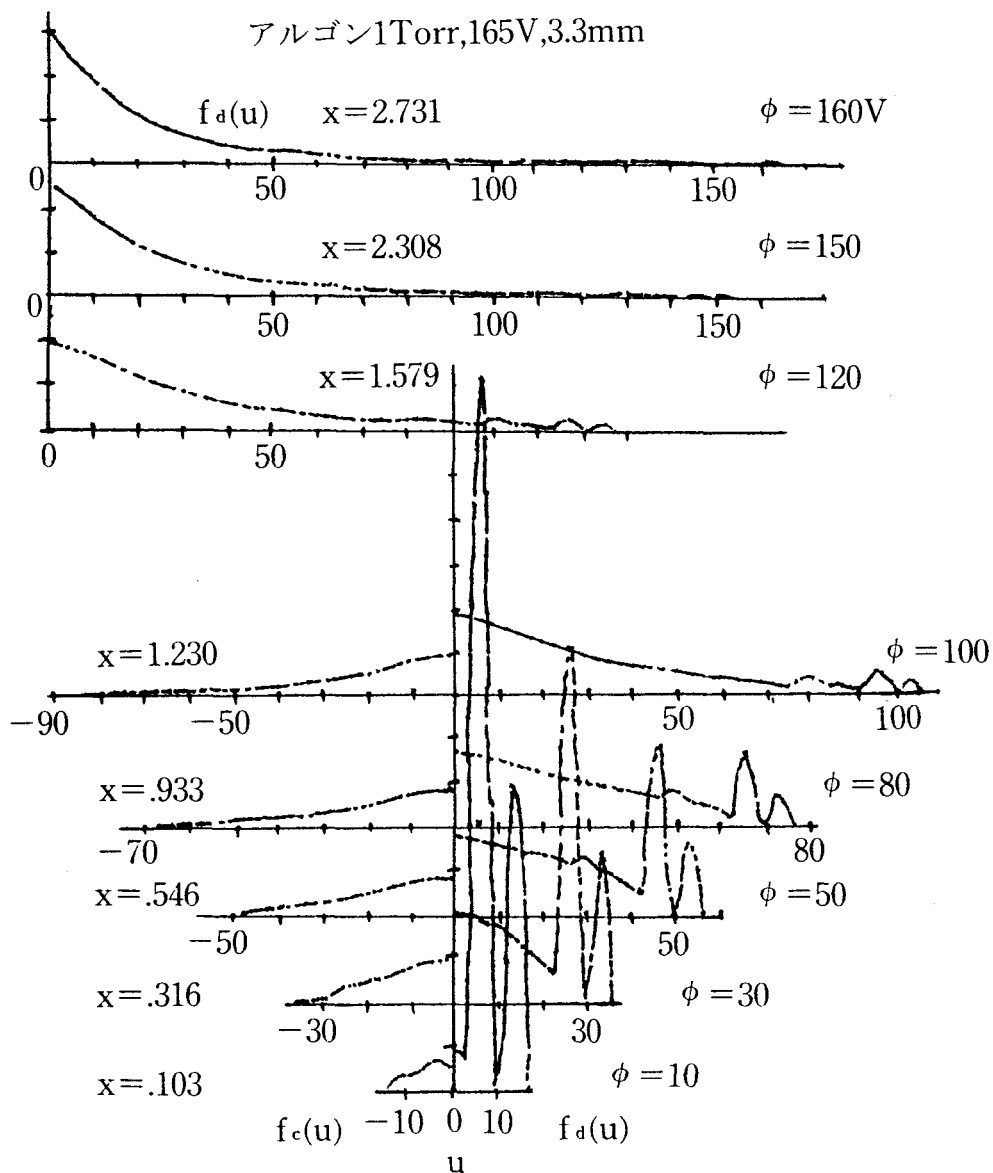


図7 電子速度分布関数の位置依存性

いる。これは、気体分子数の増加により衝突が増加したためである。特に弾性衝突が増加し、散乱による等方化が進んだと考えられる。衝突周波数でみると非弾性衝突は1 Torrの場合とほとんど変わらないのに、弾性衝突が一桁ふえている。その結果、平均エネルギーも減少している。位置依存性については1 Torrの場合に比べ、電極側に圧縮された状況となっている。

アルゴン中で鉄電極を用いたグロー放電の正規グロー放電時の陰極降下電圧 $V_n=165\text{ V}$ 、 $Pd_n=3.3\text{ mm} \cdot \text{Torr}$ が挙げられている⁽⁹⁾。そこで、 $V=165\text{ V}$ 、 $d=3.3\text{ mm}$ 、 $P=1\text{ Torr}$ として計算した結果を図7と図8に示す。図7の電子速度分布関数は、 $V=210\text{ V}$ 、 $d=3\text{ mm}$ 、 $P=1\text{ Torr}$ の場合とあまり変わらないようである。 d が大きくなり、 V が小さくなったため、衝突散乱の効果が現われビーム成分

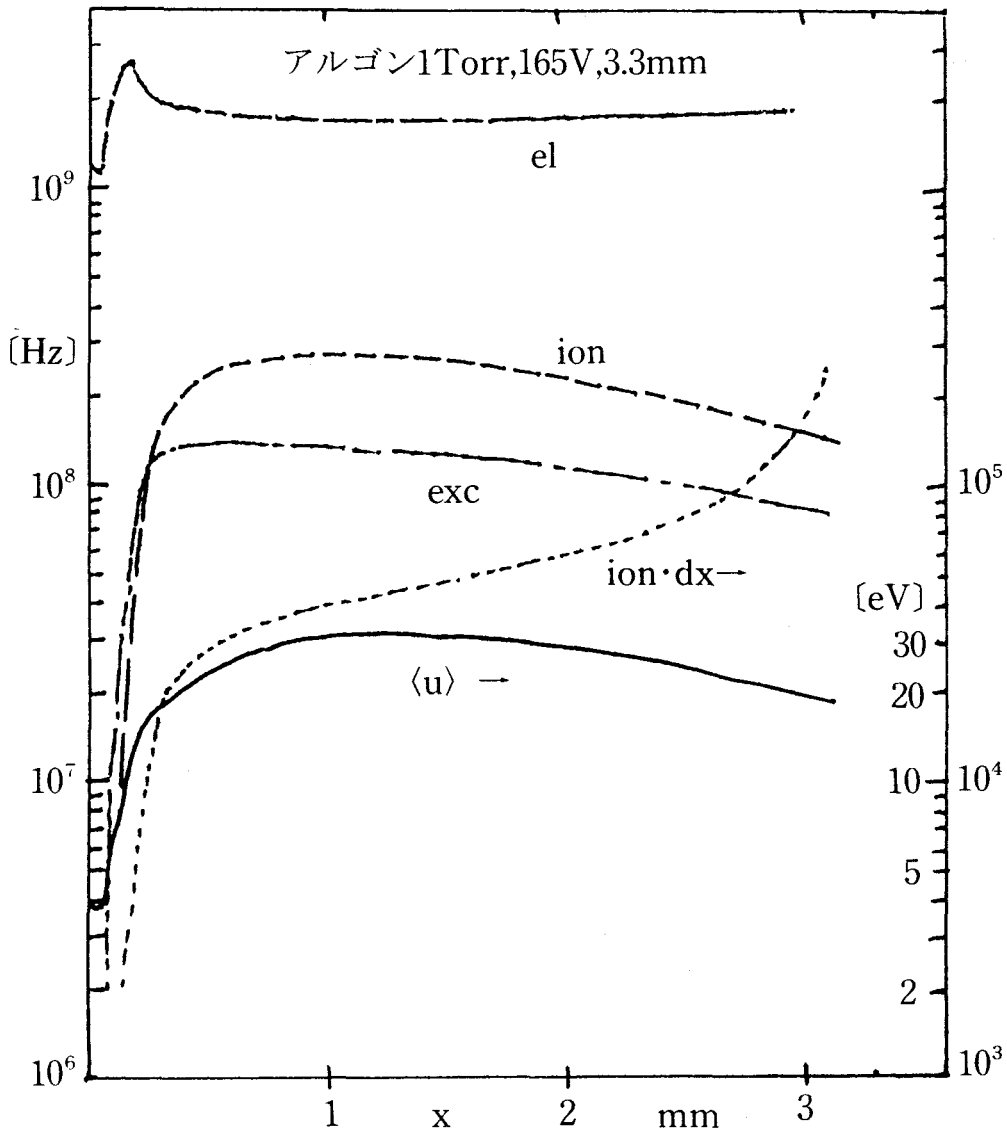


図8 衝突周波数，平均エネルギー，微小空間 dx における電離数の位置依存性

の減衰が早くなっている。また平均エネルギーも小さくなっている。図8に示した衝突周波数等についても、ほぼ同様のことがいえる。正規グロー放電から電流を増加すると、異常グロー放電状態に移る。この時陰極降下電圧の増加とその厚さ d の減少が起こることが知られている⁽⁹⁾。そこで、 $V=165$ Vは変えないで厚さ d を小さくした場合について計算した結果を図9、図10に $d=2.2$ mmの場合、図11、図12に $d=1.1$ mmの場合を示す。 d が小さくなると、その間に存在する気体分子数が減少し、衝突数が減少する。そのため、電界による加速の効果が強く現われ、ビーム成分が強く現われる。そのような電子速度分布関数の比較により確かめられる。そして、加速による電子のエネルギー利得が大きいため平均エネルギーも、 d の減少により大きくなっている。衝突周波数では、 d が減少すると、非弾性衝突は増加し、弾性衝突は減少している。位置に対する各衝突周波数の依存性はあまり変化してい

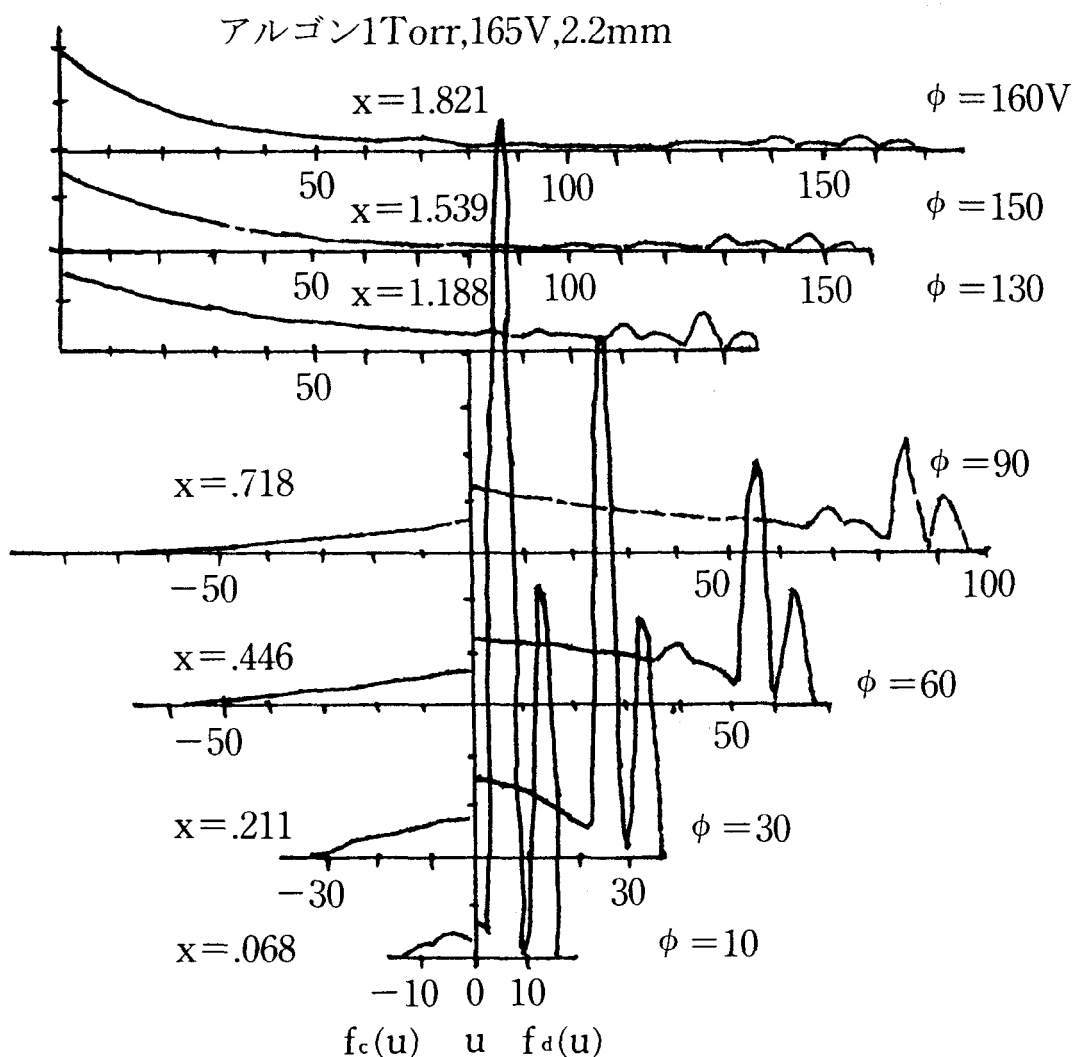


図9 電子速度分布関数の位置依存性

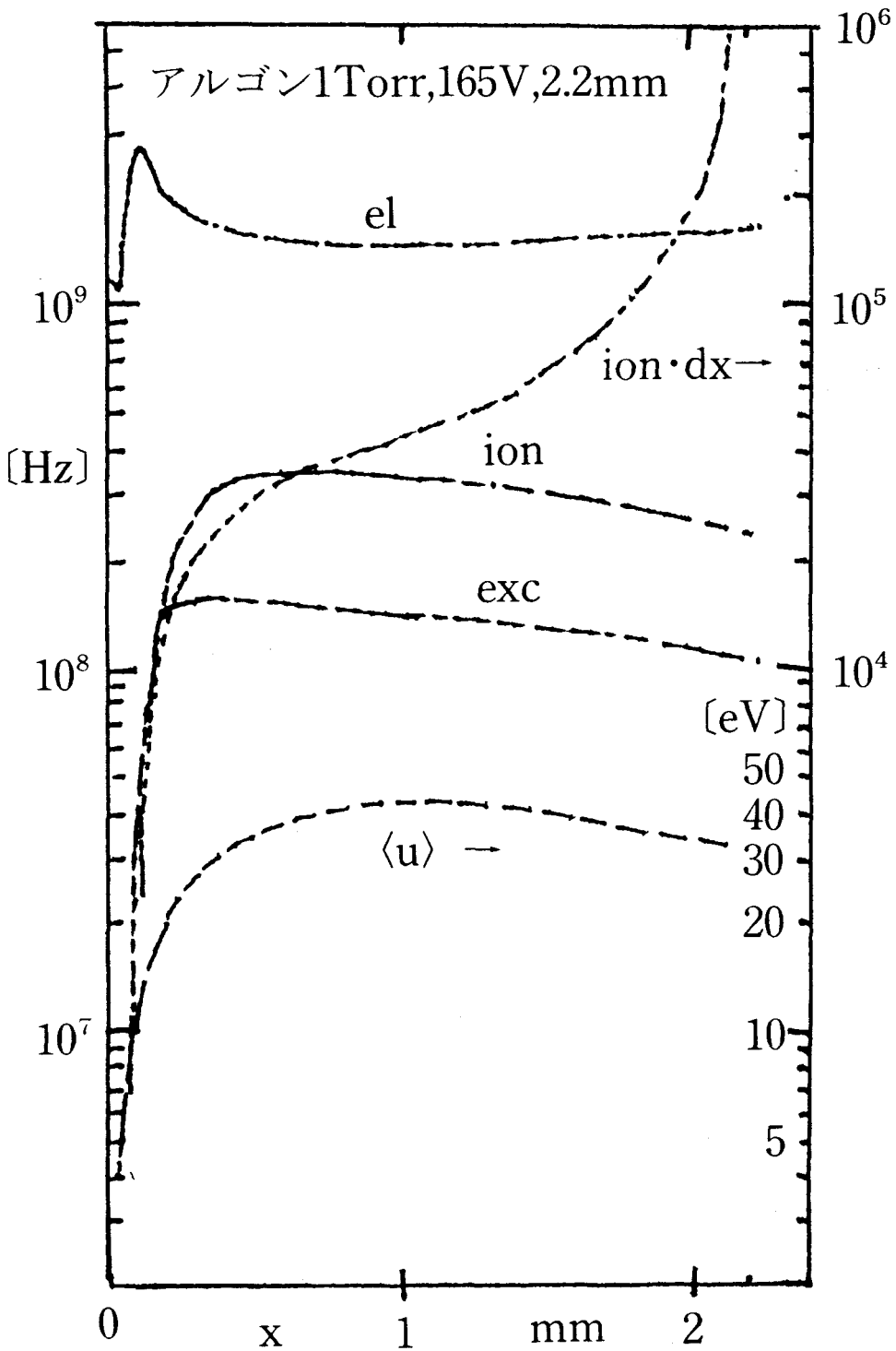


図10 衝突周波数, 平均エネルギー, 微小空間における電離数の位置依存性

ない。ただし、厚さ d が小さくなった分全体的に x 方向に圧縮された状態になっている。また、 $d\phi = 0.1\text{ V}$ に相当する距離 dx における電離数は $d x$ が小さくなったにもかかわらず、電離周波数が増加しているため、 d が小さくなると増加している。

1 Torr で 210 V, 3.0mm の場合と 1 Torr, 165 V, 3.3mm の場合で比較すると、電圧の増加は衝突周波数の増加や平均エネルギーの増加をひき起こすことが推定される。これは異常グロー放電の電圧上昇や陰極降下領域の厚さの変化に関係している⁽⁹⁾。

ドリュベスティン法による電子エネルギー分布関数の測定結果⁽⁵⁾と比較すると、本計算でみられるビーム成分をもつ分布は気圧が低い方が顕著に現われる。また気圧が高くなるとビーム成分の幅が広がり、ピーク値が小さく低エネルギー側に移動してくる。また観測位置が陰極に近い方がビーム成分が明確になるなどは定性的には実験と本計算とで合っている。

定常状態にあるグロー放電の陰極降下領域を考えると、陰極を出発する電子群は連続的に放出され

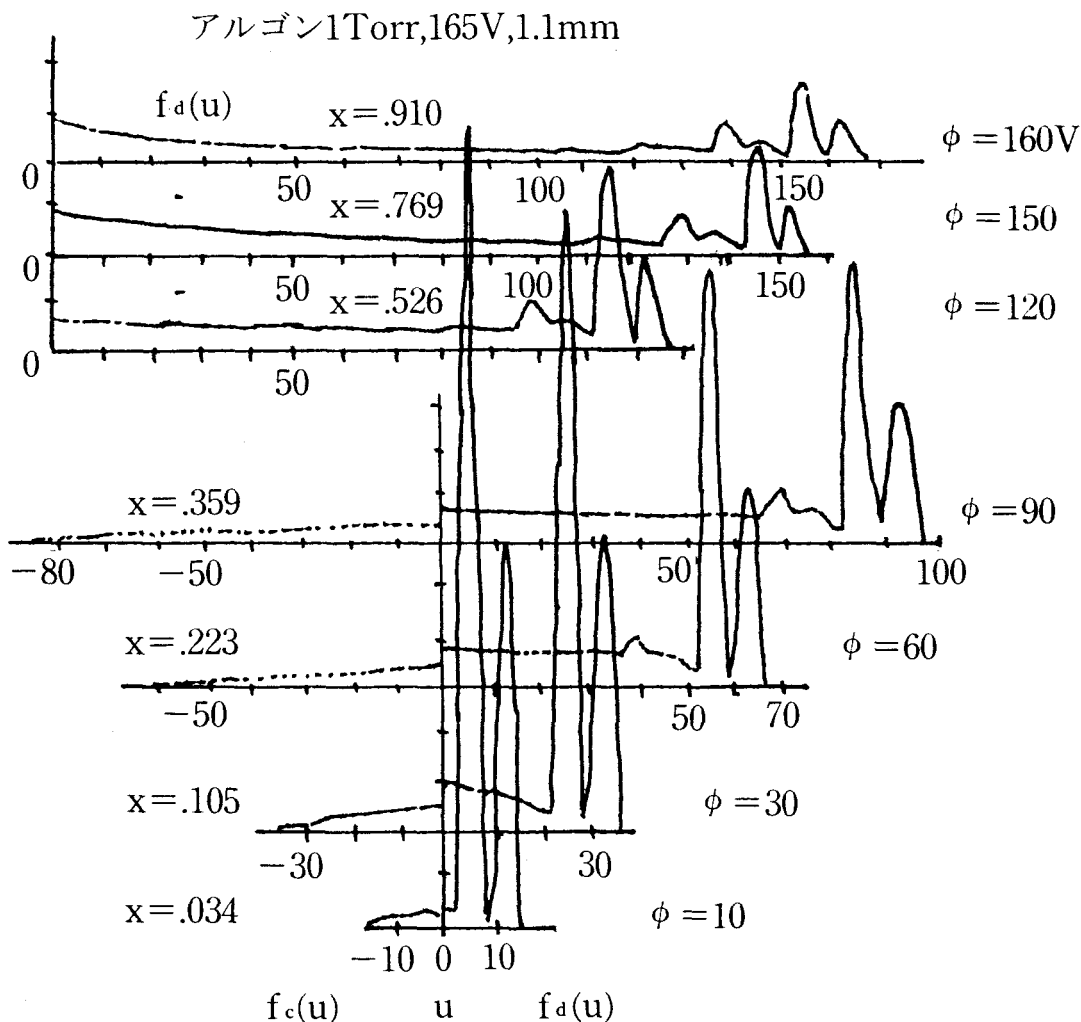


図11 電子速度分布関数の位置依存性

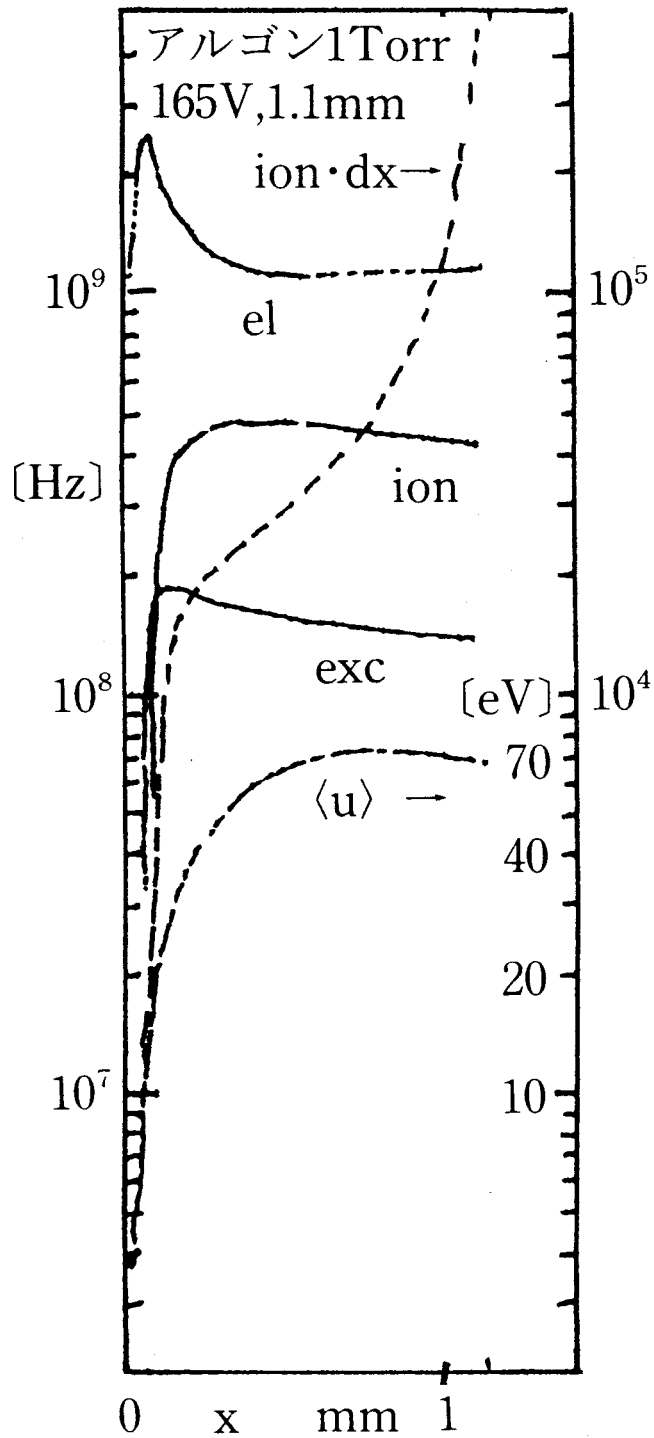


図12 衝突周波数，平均エネルギー，微小空間における電離数の位置依存性

ている。本計算ではある一群の電子に対して、その挙動を追跡しているため、定常放電に対するそれを検討する必要がある。各位置での流束の出入りを調べることや実際には電子増倍で増加してゆく電子密度も考える必要がある。その場合 $u = 0$ に対する分布の変化をどう扱うかが問題となる。

負グロー付近から電界は弱くなり、電位分布の変化が小さくなる。本計算法をそのまま適用すると dx の幅が大きくなり、衝突の条件である $NQdx < 1$ が満足されなくなる。この点は異なった計算法とするか、いくらかの修正を要する。

§ 4 まとめ

グロー放電陰極降下領域の電子速度分布関数の計算を行った。陰極から放出された電子群の挙動を電界による加速と衝突散乱による移動の法則に従って、その電子速度分布関数を各位置毎に陰極から高電位の方向に追跡する方法で調べた。この方法はモンテカルロシミュレーションよりは短時間で実行でき、他の位置と速度の両方について差分化した法に比べ、必要な記憶容量も小さくて済むため便利である。実行結果をいくつかの計算例と比較し、定性的にはよい一致が得られた。しかし、今回の計算は電位変化の大きな領域ではうまくゆくが、負グローのような電界の小さいところでは難があり、グロー放電の陰極から陽光柱直前の領域までの理論計算、モデル化にはまだまだ検討の余地がある。また、電位分布は与えられたものと仮定しているが、実際には正イオンと電子による空間電荷の分布により決定されるものである、イオンの速度分布関数や電子・正イオンの空間電荷分布なども含めた解析をする必要がある。

<参考文献>

- (1) J.V.DiCarlo, M.J.Kushner : J.Appl.Phys. 66 (12) 1989 pp 5763-5774
- (2) T.C.Paulick : J.Appl.Phys. 67 (5) 1990 pp 2774-2788
- (3) 山崎 勉 : 呉高専研究報告 : 20 (5) 1985 pp 85-99
- (4) 山崎 勉 : 呉高専研究報告 : 23 (1) 1987 pp 91-104
- (5) 山崎 勉 : 呉高専研究報告 : 23 (1) 1987 pp 81-90
- (6) K.Takiyama, T.Usui, Y.Kamiura,
T.Fujita, T.Oda, K.Kawasaki : Jpn J.Appl.Phys 25 (6) 1986 pp 455-457
- (7) 高柳和夫著 : 「電子・原子・分子の衝突」 培風館 1972 p 3
- (8) R.Lagushenko, J.Maya : J.Appl. Phys, 55 (9) 1974 pp 3293-3300
- (9) 電気学会 : 「放電ハンドブック」 電気学会 昭和53年 p 110-

(平成6年4月15日受付)

平成5年度（1月～12月）本校教官による他誌発表論文一覧表

| 著 者 名 | 論 文 題 目 | 発 表 誌 名 また は 発 表 会 名 |
|---|--|--|
| 岩根 三邦 | アリストテレスにおけるフィリアとディカイオシュネー | 広島倫理思想史学会第41回大会 (1993年8月, 鹿児島) |
| 木原 滋哉 | ポスト・フォーディズムと新しい社会運動 | 第34回中四国法政学会個別報告要旨集 (1993年7月10日, 広島) |
| 森田 英夫 (近大院) 藤本 欽也 (") 多賀 正夫 (近大理工) 今井 勲 | 土中蓄熱に関する研究 (熱交換パイプ周辺での伝熱特性) | 平成5年度日本太陽エネルギー学会・ 日本風力エネルギー協会合同研究発表 会講演論文集 (5年12月), pp.137～ 140 |
| 灘野 宏正 河野 正来 中迫 正一 岩野 利彦 (同和鉱業) | 高真空中における平歯車の負荷能力に 関する研究 (第1報, ステンレス鋼 SUS 304材の場合) | 日本機械学会第71期全国大会講演論文 集 (Vol. E), No.930～63 (1993-10, 広島大学), pp.204～206 |
| 河野 正来 灘野 宏正 中迫 正一 岩野 利彦 (同和鉱業) | 二円筒試験におけるすずめっき熱拡散 処理層の摩擦特性 | 同上, pp.124～126 |
| 河野 正来 灘野 宏正 中迫 正一 岩野 利彦 (同和鉱業) | すずめっき熱拡散処理を施したステン レス鋼製歯車の負荷能力 | 日本設計工学会講演論文集, No.93- 秋季(1993-10, 広島工業大学), pp.49～ 52 |
| 灘野 宏正 河野 正来 中迫 正一 岩野 利彦 (同和鉱業) | 四球試験におけるすずめっき熱拡散処 理層の摩擦特性 (グリース潤滑におけ るステンレス鋼 SUS 440C材の場 合) | 同上, pp.111～114 |
| 灘野 宏正 河野 正来 中迫 正一 中村 之 (同和鉱業) | 四球試験におけるすずめっき熱拡散処 理層の摩擦特性 (ステンレス鋼 SUS 440C材の場合) | 日本機械学会鹿児島地方講演会講演論 文集, No.938-3 (1993-11, 鹿児島 大学), pp.16～18 |
| 灘野 宏正 河野 正来 中迫 正一 中村 之 (同和鉱業) | 同 上 | 日本機械学会論文集 (C編), 59巻568 号 (1993, 12), pp.3942～3947 |
| 京免 進 碓井 建夫 (阪大) 布川 道夫 (ダイキン工業) 近江 宗一 (元阪大) | 自然対流を伴う水平円管内層流定常流 れの実験と解析 | 日本機械学会講演論文集, No.934-4 (1993), pp.29 |

| 著 者 名 | 論 文 題 目 | 発 表 誌 名 また は 発 表 会 名 |
|--|---|--|
| Shuji SEKI (岡大医) Hidehisa IWAMOTO Hirokazu OSAKI (岡大工) | Suturing Techniques for a Restricted Operating Space | International Surgery, Vol.78 No.1, January-March 1993, pp.86-90 |
| Shuji SEKI (岡大医) Hidehisa IWAMOTO | Mitral valve suturing technique. Needle grips of choice determined from a geometric basis | The Journal of Cardiovascular Surgery, Vol.34 No.2, April 1993, pp.167-172 |
| Shuji SEKI (岡大医) Hidehisa IWAMOTO Hirokazu OSAKI (岡大工) Yoshiki Komoto (岡大医) | The Surgeon's Technical Skill in Suturing: An Analysis of the Actual Suture Tracks | Surgery Today, Jpn J Surg, (1993) 23, pp.800-806 |
| 野村 高広 広瀬 大蔵 (長岡技大) 曾田 邦嗣 (長岡技大) | 蛋白分子間相互作用に対する塩イオン の効果 | 日本生物物理学会, 第31回年会講演予 稿集 (33巻) (5年, 名古屋) |
| 岡野 恭明 (広島電大) 野村 利英 山下 英生 (広大) 中前栄八郎 (広島県立大) M.S.A.A.HAMMAM (クラークソン大学) | 25KV配電線用HDPEがしのBURN. DOWN防止のための一対策法 | 電気・情報関連学会中国支部第44回連 合大会講演論文集 (5年, 広島) |
| 山崎 勉 | 銅ホロー陰極放電の放電特性 | 同 上 |
| 原田 一彦 (広島自短大) 山崎 勉 | 銅ホロー陰極内の銅原子密度の測定 | 広島電機大学・広島自動車工業短期大 学・研究報告第26巻 |
| 小林 康秀 沖田 豪 (山工大) | 最適な同定入力による構造が未知な非 線形系の一同定法 | 計測自動制御学会学術講演会 (5年, 金沢) |
| 小林 康秀 沖田 豪 (山工大) | 構造が未知な非線形系に対する同定入 力の一決定法 | 電気・情報関連学会中国支部第44回連 合大会講演論文集 (5年, 広島) |
| 山口 静馬 (山工大) 加藤 裕一 老松 建成 (海保大) | 騒音のパワースペクトル情報に基づく 心理応答の一予測手法 | 日本音響学会誌, 49, 1 pp.2~9 (1993) |
| 山口 静馬 (山工大) 石原 茂和 (") 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一 | 変動騒音の遮音対策と心理的評価に関 する系統的考察 | 日本音響学会講演論文集 (5年3月, 東京) |
| 加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) | ファジィ測度に基づくうるささの評価 手法 | 同 上 |

| 著 者 名 | 論 文 題 目 | 発 表 誌 名 また は 発 表 会 名 |
|---|--|---|
| 加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) | 騒音に対する心理計測システムの開発 | 第9回ファジィシステムシンポジウム 講演論文集 (5年, 札幌) |
| 山口 静馬 (山工大) 石原 茂和 (") 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一 | 変動騒音に対する物理的遮音対策後における心理的評価予測 | 同 上 |
| 加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) | ファジィ推論による騒音の心理評価法 | 日本ファジィ学会誌 Vol. 5, No. 4, pp.732-744 (1993) |
| 加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) | 騒音に対する心理計測システムの開発 | 日本音響学会講演論文集 (5年10月, 甲府) |
| 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一 佐伯 徹郎 (宇部短大) | 音声聴取に対する外来雑音の心理的評価 | 同 上 |
| 加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) | メンバーシップ関数の一推定手法 | 電気・情報関連学会中国支部第44回連 合大会講演論文集 (5年, 広島) |
| 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一 佐伯 徹郎 (宇部短大) | 変動騒音に対する遮音と評価 | 同 上 |
| 山口 静馬 (山工大) 佐伯 徹郎 (宇部短大) 加藤 裕一 老松 建成 (海保大) | 音声聴取に対する無意味外来雑音の心理的評価 | 同 上 |
| 加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) | メンバーシップ関数の一推定手法 | 日本ファジィ学会中国・四国支部第3 回大会講演論文集 (5年, 小郡) |
| 山口 静馬 (山工大) 佐伯 徹郎 (宇部短大) 加藤 裕一 | 音声聴取時の無意味外来雑音に対する心理的評価 | 同 上 |
| S.YAMAGUCHI (山工大) Y.KATO | A Practical Method of Predicting Periodic Nonstationary Road Traffic Noise based on Time Variation of the Average Number of Flowing Vehicles | Acustica Vol.79 pp.286-289 |
| 加藤 裕一 | 信号機周辺における道路騒音予測に関する基礎的研究 | 京都大学博士論文 |

| 著 者 名 | 論 文 題 目 | 発 表 誌 名 また は 発 表 会 名 |
|---|------------------------------------|---|
| 脇本 隆之 原田 達哉 (日本工大) 柏木 康秀 (") | インパルス電圧のデジタル測定データの補正法—移動平均による補正 | 平成5年電気学会全国大会講演論文集 (1993年3月, 熊本) |
| 三宅 健一 (ソニー・テクノロジクス) 室岡 利吉 (") 原田 達哉 (日本工大) 佐伯 正盛 (") 柏木 康秀 (") 脇本 隆之 | インパルス試験用ディジタイザのステップ応答に関する検討 | 同 上 |
| 脇本 隆之 原田 達哉 (日本工大) 柏木 康秀 (") | さい断波インパルス電圧のデジタル測定 | 電気学会電力・エネルギー部門平成5年大会(第4回)講演論文集(論文Ⅱ) (1993年7月, 札幌) |
| 横瀬 宏 (広工大) 横瀬 義雄 原田 和也 (広工大) | 高調波電圧を含む多相交流電圧の瞬時値の測定法 | 電気・情報関連学会中国支部第44回連合大会講演論文集 (5年, 広島) |
| 横瀬 宏 (広工大) 横瀬 義雄 | 高調波電圧を含む多相交流電圧の基本波電圧の発生法 | 同 上 |
| 横瀬 宏 (広工大) 横瀬 義雄 原田 和也 (広工大) | 多相電圧測定法のアクティブフィルタへの応用 | 同 上 |
| 丸上 晴朗 平島 健一 (山梨大・工) | 非定常熱弾性特性を考慮した平板の一般化高次理論の誘導と二, 三の考察 | 日本機械学会論文集A編Vol.59, No.558 |
| 丸上 晴朗 平島 健一 (山梨大・工) | はりの連成熱弾性自由振動の減衰 | 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第Ⅰ部 (5年, 福岡) |
| 小堀 慈久 岩本 敬照 (広島ガス) 木曾 忠幸 (福井大) 坂田 智己 (大阪大) 実本 恵一 (東広島市) 末永 宏之 (不動技研) | 根系を考慮したまさ土の引張試験について | 第45回土木学会中国四国支部学術講演会概要集 (5年, 岡山) |
| 小堀 慈久 岩本 敬照 (広島ガス) 木曾 忠幸 (福井大) 坂田 智己 (大阪大) 実本 恵一 (東広島市) 末永 宏之 (不動技研) | まさ土地盤の静的コーン支持力の検討について | 同 上 |
| 小堀 慈久 岩本 敬照 (広島ガス) 木曾 忠幸 (福井大) 坂田 智己 (大阪大) 実本 恵一 (東広島市) 末永 宏之 (不動技研) | 降雨状況と崩壊の関係 | 第48回土木学会年次学術講演会概要集 (5年, 福岡) |

| 著 者 名 | 論 文 題 目 | 発 表 誌 名 また は 発 表 会 名 |
|---|---------------------------|--|
| 西丸 庸一 (愛媛大) 八木 則男 (") 二神 治 (") 榎明 潔 (鳥取大) 大塚 俊二 (愛媛大) 小堀 慈久 | 根系により補強された土の室内せん断特性 | 第28回土質工学研究発表会講演概要集 (5年, 神戸) |
| 塩田 耕司 (愛媛大) 八木 則男 (") 二神 治 (") 榎明 潔 (鳥取大) 大塚 俊二 (愛媛大) 小堀 慈久 | 根系により補強された土の現地せん断特性 | 同 上 |
| 小堀 慈久 岩本 敬照 (広島ガス) 木曾 忠幸 (福井大) 坂田 智己 (大阪大) 実本 恵一 (東広島市) 末永 宏之 (不動技研) | 砂質系地盤のコーン支持力とせん断強度の関係 | 同 上 |
| 大橋 晶良 原田 秀樹 (長岡技大) 桃井 清至 (") 福本 司 (呉市) 末重 宜洋 (山口大) | 脱窒処理生物膜細胞外ポリマーおよび代謝物の凝集能 | 土木学会中国四国支部第45回研究発表会講演概要集 (5年, 岡山) |
| 大橋 晶良 原田 秀樹 (長岡技大) 桃井 清至 (") 中倉 弘勝 (山口大) | 河床礫付着生物膜からのトリハロメタン前駆物質の代謝 | 同 上 |
| 大橋 晶良 原田 秀樹 (長岡技大) 桃井 清至 (") 黒川 岳司 (熊本大) | 水処理生物膜内拡散係数の推定 | 同 上 |
| 大橋 晶良 原田 秀樹 (長岡技大) 桃井 清至 (") 福本 司 (呉市) | 平板上に形成された脱窒処理生物膜内のせん断強度 | 社団法人土木学会編 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部 (5年, 福岡) |
| 大橋 晶良 原田 秀樹 (長岡技大) 桃井 清至 (") 黒川 岳司 (熊本大) | 屈曲構造モデルから評価した水処理生物膜内の拡散係数 | 環境工学研究論文集 Vol. 30, 1993 |
| 市坪 誠 | 汚れ評価物理量 (色差) に対する一考察 | 土木学会中国四国支部第45回研究発表会講演概要集 (5年, 岡山) |
| 市坪 誠 萩野 千晶 (山口大) | 水中曝露されたモルタル試料の色彩変化に関する研究 | 同 上 |

| 著 者 名 | 論 文 題 目 | 発 表 誌 名 また は 発 表 会 名 |
|--|--|--|
| 市坪 誠 岡村 隆由 (高知県) | 景勝地への道路景観評価に関する研究 | 土木学会中国四国支部第45回研究発表 会講演概要集 (5年, 岡山) |
| 市坪 誠 | 実構造物の汚れ評価物理量に対する基 礎的研究 | 土木学会第48回年次学術講演会概要集 第5部 (5年, 福岡) |
| 福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) | 鉄筋コンクリート耐震壁の配筋方法と 剛性について | 構造工学論文集 (Vol.39B) 日本建築 学会 |
| 荒木 秀夫 (広大工) 嶋津 孝之 (") 福原 安洋 | 超高層RC骨組の抵抗特性に関する実 験的研究 | コンクリート工学年次論文報告集 (Vol.15, No2, 1993) |
| 福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) 荒木 秀夫 (") 大田 和彦 (近大工) | 構成部材の特性に基づくフレームの耐 震性能について | 同 上 |
| 岩下 恒雄 (愛産大) 坂田 弘安 (") 正野崎昭二 | 壁脚部の浮き上がりが架構の特性に及 ぼす影響 | 日本建築学会学術講演梗概集 (1993年9月, 関東) |
| 岡本 二郎 實成 憲二 刈山 信行 (西部工業技術センター) 大尾 博敏(呉市史編集委員) 千田 武志 (呉市) 橋本 秀夫(広島県建築士会) 秀川 武次 (日新製鋼) 松下 宏 (呉市) | 街のいろはレンガ色ー呉レンガ考ー | 中国新聞社 (5年4月) |
| 篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技大) | 構造不況業種が集中する特定地域の人 口・就業構造の変化に関する基礎的考 察 | 日本建築学会中国・九州支部研究報告 第9号 pp.221~224 (1993年, 福岡) |
| 篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技大) | 中核企業の衰退に伴う都市施設の変容 に関する研究 ー夕張市を研究対象としてー | 日本建築学会北海道支部研究報告書 No.66 pp.533~536(1993年, 北海道) |
| 篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技大) | 構造不況業種が集中する特定地域の居 住構造の変化に関する基礎的考察 | 日本建築学会大会学術講演梗概集F pp.875~876 (1993年, 関東) |
| 篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技大) | 企業都市における中核企業の衰退に伴 う都市施設の変容に関する研究 ー夕張市を研究対象としてー | 都市計画論文集 No.28 pp.799~804 |
| 角 徹三 (豊橋技大) 服部 覚志 (五洋建設) 松野 一成 | サイドスプリット型付着割裂破壊をす るRC部材の付着強度式 | 日本建築学会大会学術講演梗概集C構 造Ⅱ pp.225~226 (1993年, 関東) |

編集委員

| | | | |
|---|---|---|---|
| 石 | 井 | 淳 | 二 |
| 小 | 山 | 通 | 榮 |
| 深 | 澤 | 謙 | 次 |
| 加 | 藤 | 裕 | 一 |
| 丸 | 上 | 晴 | 朗 |
| 門 | 前 | 勝 | 明 |

呉工業高等専門学校

研究報告

第30巻 第1号 (1994)

(通巻 第54号)

平成6年8月 印刷

平成6年8月 発行

編集者 呉工業高等専門学校
発行者

〒737 呉市阿賀南2丁目2-11

電話 (0823) 71-9121(代)

印刷所 バブ日立工業株式会社

〒737 広島県呉市宝町5-3

電話 (0823) 21-3353

MEMOIRS OF THE KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol.30, No.1 (Consecutive No.54)
August, 6th Year of Heisei (1994)

CONTENTS

| | | |
|--|------------------------------------|----|
| 1. Basic Research into the Character and Psychology of Our Students (Report 1) -The Study was Based upon Combining the YATABE-GUILFORD Character Examination with the UCHIDA-KRAEPELIN Psychology Examination- | Takao ENOKI Tokushi ISHIJIMA | 1 |
| 2. Numerical Study of the Free Convection around a Horizontal Cylinder | Akihide NABEMOTO Yuji KAWAGUCHI | 19 |
| 3. Moving System of Object by Micro Computer | Minoru NOHARA | 29 |
| 4. Operation Control of Cartesian Coordinates Robot by Programable Controller | Minoru NOHARA | 41 |
| 5. Behavior of Electrons in the Cathode Fall Region of a Glow Discharge | Tsutomu YAMAZAKI | 55 |
| List of Papers Published or Read Outside The Kure National College of Technology in 1993 | | 73 |