

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第25巻 第1号 (通巻第44号)

平成元年 8 月 (1989)

目 次

1. 高専生の睡眠生活調査(2)	有 廣 圭 司 堀 村 上 滋 樹	1
2. 簡易型ロジック・シミュレータ (第2報)	綿 井 伸 爾	11
3. 電子回路教育におけるアナログ回路シミュレータの利用	綿 井 伸 爾	17
4. ホローカソード中の Ne, Ar 準安定原子密度の測定	山 崎 勉	23
5. Hg-Ar グロー放電陽光柱プラズマ内の励起原子密度 の測定	山 崎 勉 原 田 一 彦	31
6. A Prediction Method of Probability Distribution for Non-Stationary Road Traffic Noise Controlled by Traffic Signals	加 藤 裕 一 山 口 静 馬	37
7. 高専図書館の情報システム化について(1) ーシステムの基本設計と初期導入システムー	鈴 村 信 也	47
昭和63年度本校教官による他誌発表論文一覧表		61

高専生の睡眠生活調査(2)

(一般科目)	有	廣	圭	司
	*堀		忠	雄
(電気工学科)	村	上	滋	樹

Survey on a Sleep—Wake Habits of College Students. (2)

Keiji ARIHIRO
Tadao HORI
Shigeki MURAKAMI

The Life Habits Inventory of Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences (TMIN—LHI) was administered to 491 students in Kure College of Technology. The survey results were analyzed in regard to the five sleep habit scales and the life habit scale. These scales were (1) Morningness—Eveningness in the Horne & Östberg context, (2) Good sleeper—Poor sleeper in the Monroe context, (3) Regular sleep habit type—Irrregular sleep habit type in the Taub context, (4) Long sleeper—Short sleeper in the Miyashita context, (5) Sleep satisfaction type—Sleep dissatisfaction type in the Hayashi & Hori context, and (6) Sleep phase advanced type—Sleep phase delayed type.

The percentages of screened students in each scale were (1) 13.3% in Morningness and 14.8% in Eveningness, (2) 25.9% in Good sleepers and 3.1% in Poor sleepers, (3) 61.6% in Regular sleep habit type and 10.9% in Irregular sleep habit type, (4) 3.3% in Long sleeper and 7.9% in Short sleeper, (5) 23.3% in Sleep satisfaction type and 8.8% in Sleep dissatisfaction type, (6) 5.8% in Sleep phase advanced type and 6.4% in Sleep phase delayed type.

There results show the present 6 scales being useful for the screening test to the college students.

§ 1 はじめに

1986年に試行した睡眠生活調査の結果、高専生のおよそ5%に何らかの睡眠問題が存在することが明らかになった(有廣他1988)。特に注目すべき点としては、学年が進むにつれて生活時間の位相が遅延し、不規則化が強まることである。また不眠傾向も学年を追って強まり、3年生の3人に1人は

入眠困難を訴えている。入眠困難・睡眠維持困難・熟眠感欠如を総合すると、不眠傾向の特に強い者の割合は、1年が2.9%であるのが2年では4.6%に増加し、3年では9.0%にまで達する。つまり3年生の10人に1人は不眠型睡眠者ということになる。

そこで、今回は東京都神経科学総合研究所の都神研式生活習慣調査 (TMIN-LHI) の調査項目から、(1)朝型-夜型尺度、(2)熟眠-不眠尺度、(3)規則-不規則尺度、(4)長時間-短時間尺度、(5)満足-不満足尺度、(6)睡眠相前進-遅延尺度の6尺度を構成した。この臨床診断尺度の統計的な特性と相互関係を吟味することにより、睡眠問題の所在と構造を検討することにした。

§ 2 方 法

2.1 調査対象

呉工業高等専門学校の1年生から3年生までの男女494名を対象とした。回答は491名 (平均16.3才) から得られた。回収率は99.4%である。男子が453名 (平均16.3才)、女子が38名 (平均16.1才) であった。女子の人数が極端に少ないので、性別分析はおこなわず男女を一括して集計した。1年生は163名 (平均15.2才)、2年生は169名 (平均16.4才)、3年生は159名 (平均17.3才) であった。

2.2 調査時期

調査は1988年5月から7月までの間に、クラス毎に実施した。

2.3 調査方法

前著 (有廣他1988) と同様に、都神研式生活習慣調査 (TMIN-LHI) を用いた。この調査票は合計16頁の冊子になっており、合計71項目について、専用の回答用紙の該当番号に○印をつけるか、数字を記入する方式になっている。調査冊子と回答用紙を各クラスに配布して、クラス単位で実施し回収した。

2.4 診断尺度の構成

1) 朝型-夜型尺度

調査票の第2部は、日本語版朝型夜型質問紙と同一のものである。これは Horne & Östberg (1976) の英語版を Ishiwara et al (1984) が日本語版に標準化したものである。得点範囲は86点から16点で、86~70点が明らかな朝型 (MM)、69~59点が朝型 (M)、58~42点が中間型 (I)、41~31点が夜型 (E)、30~16点が明らかな夜型 (EE) に分類される。今回は分類を単純化し、89~59点を朝型、58~42点を中間型、41~16点を夜型とした。

この尺度は、活動性の高まる時刻 (サーカディアン位相) に関する個人差をみるものである。朝型は作業効率の高まる時間帯が早く、午前中から活動的なタイプであり、夜型は作業効率の高まる時間帯が遅く、午後から夜にかけて活動的になるタイプである。

2) 熟眠-不眠尺度

Monroe (1967) は、1) 入眠潜時が10分以内で、2) 中途覚醒がなく、3) 入眠困難のない者を熟眠者 (Good Sleeper) と定義した。これに対して、1) 入眠潜時が30分以上で、2) 中途覚醒が1晩に1回以上あり、3) 入眠困難を感じる者を不眠者 (Poor Sleeper) と定義している。そこで、この基準に適合する質問項目を調査票の中から選ぶことにした。その結果、調査票第1部の13 (入眠潜時)、14 (入眠困難)、15 (熟眠性)、16 (中途覚醒)、19 (起床時の気分)、20 (熟睡度) の6項目を選んだ。各質問項目の回答番号を重み得点として用い、合計点を36から引いて尺度得点とした。得点範囲は6~30点である。型分類は、30~24点を熟眠型、23~13点を中間型、12~6点を不眠型とした。

3) 規則－不規則型

Taub(1978)は、1) 就床時刻、2) 起床時刻、3) 睡眠時間が週4日以上、2時間から4時間の範囲で変動する者を、不規則睡眠者 (*Irregular Sleeper*)と定義している。そこで規則－不規則の尺度化にあたって、Taubの基準に相当する質問項目を調査票第1部より抽出した。抽出項目は、2(就床時刻の変動)、5(起床時刻の変動)、8(睡眠時間の変動)の3項目である。回答番号を重み得点として加算し、その合計点を28から引いて尺度得点とした。得点範囲は3～25点である。型分類は25～19点を規則型(3項目の変動の平均が1時間以内)、18～14点を中間型、13～3点を不規則型(3項目の変動の平均が2時間以上)とした。

4) 長時間－短時間尺度

睡眠時間の個人差は、ほぼ正規分布しており、宮下(1984)は平均睡眠時間 ± 1.5 SDを超えるものを、それぞれ長時間睡眠者 (*Long Sleeper*)、短時間睡眠者 (*Short Sleeper*)と定義している。睡眠時間は、調査票第1部の1(就床時刻)と4(起床時刻)の差から求め、分類基準は宮下に準じ ± 1.5 SDとした。

5) 満足－不満足尺度

睡眠に対する満足度を林・堀(1987)は、起床時の気分、睡眠時間の充足感、熟眠感の3項目から尺度化している。この尺度に適合する項目として、調査票から10(充足感)、19(起床時の気分)、20(熟眠感)の3項目を選んだ。回答番号を重み得点として加算し、合計点を18から引いた値を尺度得点とした。得点範囲は3～15点で、型分類は15～12点を満足型、11～7点を中間型、6～3点を不満足型とした。

6) 睡眠相前進－遅延尺度

睡眠の時間帯(サーカディアン位相)に関する尺度である。極端な睡眠相の前進や遅延は社会生活に支障をきたしやすい。睡眠障害治療センター学会(ASDC)の診断分類(1976)では、睡眠相遅延症候群(DSPS)と睡眠相前進症候群(ASPS)はそれぞれC₂b、C₂cとコードされる睡眠障害である。この障害の発生率は0.3～1.2%程度(中沢1986)であるから、統計的には2.5～3.5SD以上ずれた場合と考えることができる。調査票の1(就床時刻)を用いて就床時刻の分布を調べ、スクリーニング基準として、1.5SDの範囲の外側について前進傾向と遅延傾向を定義することにした。

7) その他

診断尺度とは別に、金縛り体験の分布や錯眠に関する出現率を今後の基礎資料として集計した。

§ 3 結果と考察

3.1 朝型と夜型の分布

図1は朝型－夜型尺度得点の分布を、学年間で比較したものである。1年生の平均は49.1(SD=7.37)、中央値は48.6(Q₁=44.5, Q₃=53.9)である。2年生の平均は49.3(SD=7.74)、中央値は49.2(Q₁=44.5, Q₃=54.4)、3年生の平均は49.2(SD=8.28)、中央値は49.2(Q₁=43.9, Q₃=54.3)である。いずれも正規分布の特徴を備えていることがわかる。そこで、積率によって歪度(α_3)と尖度(α_4)を算出して正規分布への適合度を調べると、いずれも正規分布とみなしうることが

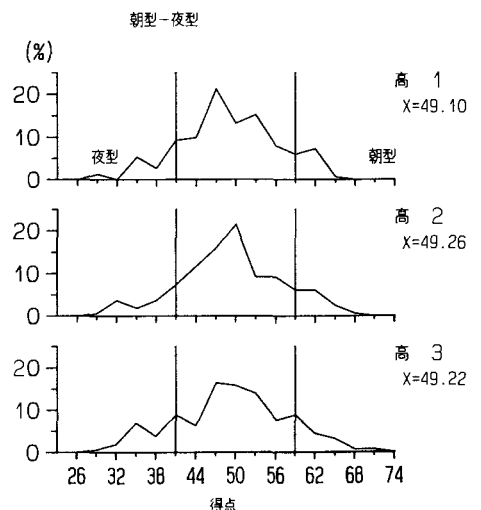


図1 朝型－夜型尺度(得点)の分布

解った〔1年生： $\alpha_3 = -0.15$ (CR = -0.77, NS), $\alpha_4 = 2.79$ (CR = -0.45, NS), 2年生： $\alpha_3 = -0.11$ (CR = -0.58, NS), $\alpha_4 = 2.93$ (CR = -0.09, NS), 3年生： $\alpha_3 = -0.06$ (CR = -0.31, NS), $\alpha_4 = 2.65$ (CR = -0.84, NS)〕。3学年全体の平均は49.2 (SD = 7.82), 中央値は49.1 ($Q_1 = 44.3$, $Q_3 = 54.3$) で, α_3 は-0.10 (CR = -0.89, NS), α_4 は2.81 (CR = -0.80, NS) で, これも正規分布とみなすことができる。日本語標準版 (Ishihara et al 1984, 石原他1986) は大学生を対象に妥当性と信頼性が確かめられているが, 高校生についてはまだ確かめられていない。今回の成績は, 日本語版朝型夜型質問紙が高校1年から3年を対象としても有効であることを示すものである。

分類した型の人数分布をみると, 朝型は合計63名, 夜型は70名であった。学年別にみると朝型は1年生が20名 (学年の12.9%), 2年生が21名 (12.9%), 3年生が22名 (13.9%) で, ほとんど変らない。これに対して, 夜型は1年生が17名 (11.2%), 2年生が24名 (14.7%), 3年生が29名 (18.3%) と, 学年を追って割合が増加してゆくのがわかる。

Horne & Östberg (1976) のMM (明らかな朝型) は1名 (3年生), EE (明らかな夜型) は5名 (1年生: 2名, 2年生: 1名, 3年生: 1名) で, 前著 (有廣他1988) と同様に高専生での出現率は極めて低いことが指摘できる。

3.2 熟眠型と不眠型の分布

図2は熟眠-不眠尺度の得点の分布を示したものである。1年生の平均は21.8 (SD = 3.33) で中央値は22.2 ($Q_1 = 20.0$, $Q_2 = 23.5$) である。2年生の平均は20.7 (SD = 3.97) で中央値は21.1 ($Q_1 = 18.3$, $Q_3 = 23.6$) である。3年生の平均は20.9 (SD = 4.07) で中央値は21.2 ($Q_1 = 20.9$, $Q_2 = 23.3$) である。分布の型はいずれの学年も, それほどきれいな正規型の特徴を備えているようには見えない。積率によって歪度 (α_3) と尖度 (α_4) を算出して, 正規分布への適合度を検討したところ, 2年生の歪度を除いて全て正規型と有意差がないことがわかった〔1年生： $\alpha_3 = -0.40$ (CR = -2.12, NS), $\alpha_4 = 3.51$ (CR = -1.49, NS), 2年生： $\alpha_3 = -0.55$ (CR = -2.95, $P < 0.01$), $\alpha_4 = 3.15$ (CR = -0.51, NS), 3年生： $\alpha_3 = -0.29$ (CR = -1.51, NS), $\alpha_4 = 2.90$ (CR = -0.17, NS)〕。そこで, 正規分布の理論度数と実測度数の間に差があるかどうかを, χ^2 検定 [$\chi^2 0.01$ (df = 22) = 40.29] で検討した。1年生は $\chi^2 = 21.4$, 2年生は $\chi^2 = 21.26$, 3年生は $\chi^2 = 8.04$ で, いずれも有意差はなく, 分布は正規分布とみなしうることがわかった。分布はどの学年も右寄り (熟眠側) に偏っており, 左側 (不眠側) に長く裾野をひいている。このため, 全学年を合計した分布では, この傾向が一層強調されて, 平均21.1 (SD = 3.87), 中央値21.6 ($Q_1 = 18.8$, $Q_3 = 23.6$) となり, $\alpha_3 = -0.47$ (CR = -4.26, $P < .01$), $\alpha_4 = 3.25$ (CR = 1.20, NS) で歪度に正規型との有意差がみられた。理論度数と実測度数の間にも, $\chi^2 = 43.53$ で有意差 ($P < .01$) がみられ, 学年全体では正規性は認められなかった。正規性を仮定した処理を考える場合は, 項目ごとの重み得点に正規化のための処理を施す必要があることが指摘できる。

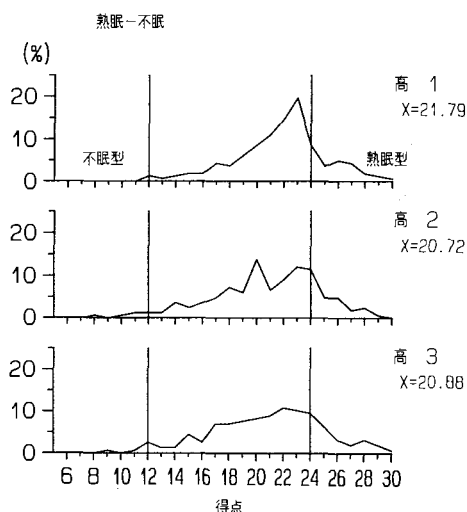


図2 熟眠-不眠尺度 (得点) の分布

図2の縦線は熟眠－不眠の判別基準線である。どの学年も熟眠者の割合の方が、不眠者よりも大きい。人数分布をみると、熟眠型は1年生が41名(25.2%)、2年生が43名(25.9%)、3年生が42名(26.8%)で、学年差はほとんどみられない。一方、不眠型は1年生が2名(1.2%)、2年生が6名(3.6%)、3年生が6名(3.8%)と、学年を追って不眠型の人数が僅かながら増加の傾向を示している。3学年を合計すると、熟眠型は126名(25.9%)、不眠型は15名(3.1%)であった。今回の不眠型睡眠者の判別基準は、Monroe(1967)の3つの基準のいずれにも不眠傾向が認められるという、かなり厳しい基準である。この点を考慮すると、不眠型が全体の3%を占めるということは注目してよいだろう。

3.3 規則型と不規則型の分布

図3は規則－不規則尺度の得点分布を示したものである。得点が25点というのは、消灯時刻、起床時刻の日間変動が±10分以内で、睡眠時間の日間変動がほとんどない場合である。1年生は25点が最も頻度が高い。2、3年生はピークが左側に移動して、複雑な構造を示している。分布型からみて、平均等を求めることはあまり意味をなさないようであるが、比較の目安として数値をひろってみると、1年生が平均20.9(SD=3.68)、中央値21.6($Q_1=19.0$, $Q_3=23.7$)である。2年生は平均は17.7(SD=3.99)、中央値18.2($Q_1=15.8$, $Q_3=20.6$)、3年生は平均が18.8(SD=3.82)、中央値が19.4($Q_1=16.6$, $Q_3=21.6$)で、いずれも2、3年生が低い得点を示すのがわかる。3学年の平均は19.1(SD=4.06)、中央値は19.8($Q_1=16.5$, $Q_3=22.1$)である。この得点は、3項目の平均変動範囲がおおよそ1時間程度であることを示している。

分類した型の人数分布をみると、規則型は1年生が102名(78.5%)でそのうち22点以上の明らかな規則型(RR)〔3項目の変動の平均が30分以内〕は66名(50.8%)を占めている。ところが、2年生では規則型は68名(48.2%)と半減し、RR型は21名(14.9%)にすぎない。3年生では少し割合が大きくなるが、それでも規則型が72名(59.0%)で、そのうちRR型は31名(25.4%)で、1年生の比率には及ばない。一方、不規則型の人数は、1年生が6名(4.6%)で、そのうち10点以下の明らかな不規則型(II)は2名(1.5%)である。2年生では不規則型21名(14.9%)のうちII型が11名(7.8%)と、人数も割合も増加する。3年生では不規則型が16名(13.1%)で、そのうちII型が2名(1.6%)で、極端な不規則型の数は小さくなっているが、全体としては1年生よりも不規則型の出現率が高い。3学年を合計すると、規則型が242名(61.6%)、そのうちRR型は118名(30.0%)である。不規則型は43名(10.9%)で、特に不規則なII型は15名(3.8%)である。II型は3項目の変動の平均が3時間以上の場合で、「頻回な時間帯移動に伴う睡眠、覚醒リズムの乱れによる障害」(Frequency Changing Sleep-Wake Schedule: ASDCコードC_{2a})が疑われるケースである。不規則型の者は不眠型と後に述べる不満足型が多く、夜型の場合が多い。睡眠生活の不規則性が、入眠障害や頻回の中途覚醒をもたらし、覚醒時間帯では過眠や眠気を自覚することが多くなる。このタイプの障害は、合併症も多いため、内科系の健康診断

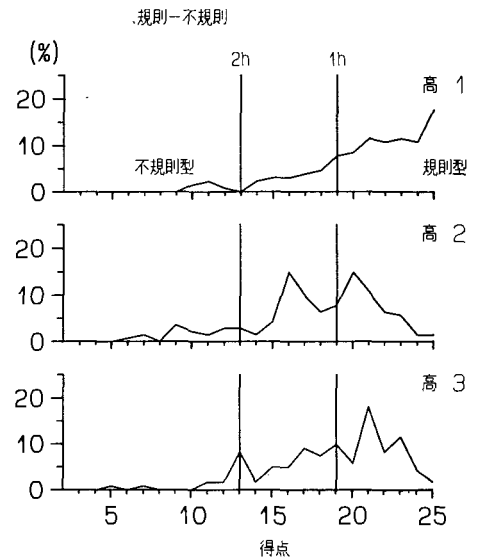


図3 規則－不規則尺度(得点)の分布

結果等を照合させて総合的に観察する必要がある。

3.4 長時間睡眠者と短時間睡眠者

図4は睡眠時間の分布を示したものである。1年生の平均睡眠時間は7.36時間 ($SD=0.87$ 時間)で、中央値は7.77時間 ($Q_1=6.84$, $Q_3=8.23$)である。2年生の平均は7.01時間 ($SD=0.96$), 中央値が7.28時間 ($Q_1=6.57$, $Q_3=8.09$), 3年生の平均は7.14時間 ($SD=1.04$), 中央値が7.71時間 ($Q_1=6.91$, $Q_3=8.02$)であった。積率による歪度 (α_3) と尖度 (α_4) を算出して、正規分布への適合度を検討したところ、1年生では α_3 が -0.16 ($CR=-0.84$, NS), α_4 が 3.10 ($CR=0.37$, NS), 2年生では α_3 が -0.14 ($CR=-0.75$, NS), α_4 が 3.60 ($CR=1.75$), 3年生では α_3 が -0.45 ($CR=-2.35$, NS), α_4 が 3.68 ($CR=1.93$, NS) で、全ての学年で正規分布の値と有意な差は認められなかった。ところが理論度数と実測度数との間で χ^2 検定をすると、1年生では $\chi^2=43.16$ ($df=16$), 2年生では $\chi^2=13.01$ ($df=16$), 3年生では $\chi^2=21.59$ ($df=20$) で、1年生については有意差 ($P<.01$) がみられ正規型とはみなせないという結果になった。1年生のヒストグラムをみれば明らかなように、8時間30分のところから急に下がっており、分布に偏りがあることがわかる。3学年を合計すると、平均は7.17時間 ($SD=0.97$), 中央値7.72時間 ($Q_1=6.85$, $Q_3=8.02$) で、歪度 ($\alpha_3=-0.31$, $CR=-2.80$, $P<0.01$) と尖度 ($\alpha_4=3.59$, $CR=2.74$, $P<0.01$) のいずれも有意差がみられ、正規型とはみなせないことがわかった。理論度数との差を χ^2 検定で調べても、 $\chi^2=49.9$ ($df=16$) で有意差 ($P<.01$) がみられ、正規分布とはみなせないことが確かめられた。このことは正規型を前提としたSD基準の妥当性を危うくするものであるが、今回は成人に慣用される1.5SDを基準として用いることにした。中間範囲は1年生が6.06~8.37時間、2年生が5.57~8.45時間、3年生が5.58~8.70時間となり、この外側の領域の人数分布を調べた。短時間型は1年生が6名 (3.8%), 2年生が14名 (8.4%), 3年生が18名 (11.5%) であった。長時間型は1年生が5名 (3.2%), 2年生が7名 (4.2%), 3年生が4名 (2.5%) であった。短時間型の割合が学年を追って増加するのに対し、長時間型の割合はほぼ一定であった。3学年の合計では短時間型が38名 (7.9%), 長時間型が16名 (3.3%) で、中間範囲は5.71~8.63時間であった。

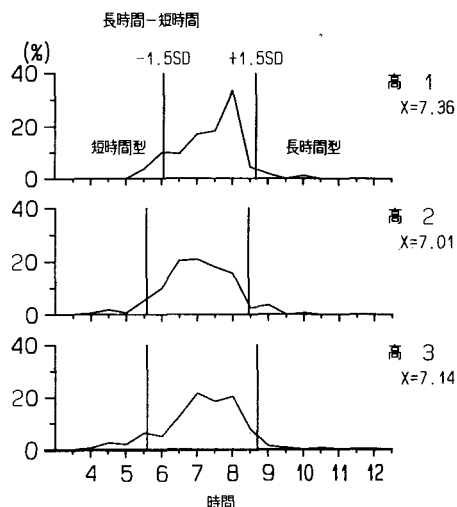


図4 長時間—短時間尺度 (睡眠時間) の分布

3.5 満足型と不満足型の分布

図5は満足—不満足尺度の得点分布を示したものである。1年生の平均は10.05 ($SD=2.24$) で中央値は9.98 ($Q_1=8.66$, $Q_3=11.74$), 2年生は平均が9.71 ($SD=2.37$), 中央値が9.92 ($Q_1=8.19$, $Q_3=11.34$), 3年生の平均は9.65 ($SD=2.39$), 中央値は9.60 ($Q_1=8.11$, $Q_3=11.21$) であった。積率によって歪度 (α_3) と尖度 (α_4) を調べると、全ての学年で正規型との有意差はみられず、分布は正規型とみなしうることが確かめられた (1年生: $\alpha_3=0.30$, $CR=1.59$, NS , $\alpha_4=2.84$, $CR=-0.34$, NS , 2年生: $\alpha_3=0.35$, $CR=1.88$, NS , $\alpha_4=2.90$, $CR=-0.18$,

NS, 3年生: $\alpha_3=0.16$, $CR=0.84$, NS, $\alpha_4=2.91$, $CR=-0.14$, NS)。理論度数に対する実測度数の差を χ^2 検定で調べると、いずれも有意差 ($P<.01$) がなく、分布は正規型とみなせることがわかった (1年生: $\chi^2=11.99$, 2年生: $\chi^2=9.53$, 3年生: $\chi^2=12.7$, $df=10$)。3学年全体では、平均9.80 ($SD=2.34$), 中央値9.88 ($Q_1=8.32$, $Q_3=11.39$) で、 α_3 が0.28 ($CR=2.54$), α_4 が2.89 ($CR=-0.54$) で、正規分布とみなしうることが確められた。理論度数との差も χ^2 検定の結果、有意差は認められなかった ($\chi^2=18.91$, $df=10$)。今回の型分類は基準得点を6点と12点に設定した。正規型を前提としたSD基準を設定する場合には、 $\pm 1.0SD$ 範囲が今回の範囲に近似している (全体の平均9.80, $\pm 1SD$ 範囲: 7.46~12.14) と言える。

図中の縦線の外側の人数を調べると、満足型は1年生が45名 (27.6%), 2年生が37名 (22.2%), 3年生が31名 (19.6%) で、学年が進むにつれて、満足型の割合が減少する。一方、不満足型は1年生が11名 (6.7%), 2年生が18名 (10.8%), 3年生が13名 (8.2%) で学年差は必ずしも明瞭とは言えない。3学年を合計すると、満足型は113名 (23.2%), 不満足型が43名 (8.8%) であった。前著 (有廣他1988) と集計法が異なるので、一義的な比較はできないが、それでも得点化が比較的近似している不満型が前回では5%であった。今回の9%弱の水準はこれに比べるとずっと高い値とみなすことができる。これは学年ごとの個人差を反映したものか、調査時期によるものかは、今後の追跡調査時期を調整することで確かめることができるであろう。いずれにせよ、不眠型の出現率が3%であるのに対し、不満型が9%を占めるということは、注目すべきことであろう。普通程度に眠っていたとしても、なお満足できない者が少なくないことを示している。

3.6 睡眠相の前進型と遅延型

図6は就床時刻の分布を示したものである。1年生の平均就床時刻は23:22 ($SD=42$ 分) で、中央値は23:36 ($Q_1=23:24$, $Q_3=0:09$), 2年生の平均は0:01 ($SD=62$ 分), 中央値は0:13 ($Q_1=23:42$, $Q_3=0:55$), 3年生は平均が23:46 ($SD=67$ 分), 中央値が23:48 ($Q_1=23:18$, $Q_3=0:37$) であった。1年生に比べて2, 3年生の平均は遅延傾向にある。

分布の型を積率によって歪度 (α_3) と尖度 (α_4) を算出して、正規型との適合度を調べると、1年生は歪度 ($\alpha_3=-1.38$, $CR=-7.26$, $P<.01$) と尖度 ($\alpha_4=8.07$, $CR=13.82$, $P<.01$) のいずれも正規分布とは有意差を示した。2年生では歪度

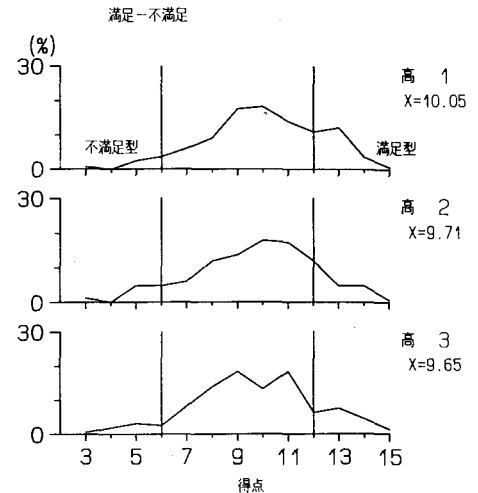


図5 満足-不満足尺度 (得点) の分布

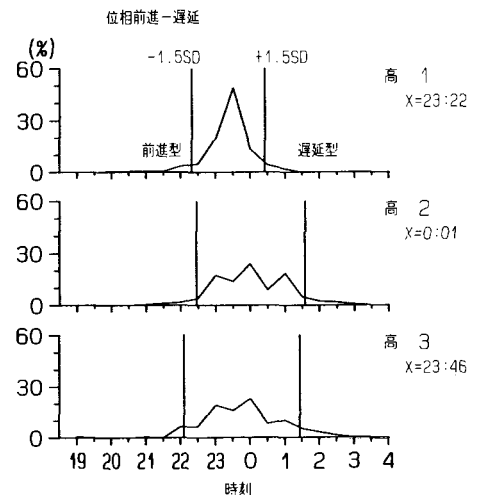


図6 位相前進-遅延尺度 (就床時刻) の分布

($\alpha_3=0.08$, $CR=0.43$, NS)と尖度($\alpha_4=3.11$, $CR=0.40$, NS)のいずれもが正規型と適合する結果が得られた。3年生では歪度($\alpha_3=-0.22$, $CR=-1.15$, NS)は正規型に適合したが、尖度($\alpha_4=4.40$, $CR=3.86$, $P<.01$)に有意差がみられ、正規型への適合度はあまり明瞭ではない。そこで正規分布の理論度数と実測度数の差を χ^2 検定すると、1年生では $\chi^2=47.77$ ($df=16$)で有意差($P<.01$)がみられるが、2年生($\chi^2=27.19$, $df=16$)と3年生($\chi^2=18.3$, $df=20$)では有意差がなく、正規型とみなしうることがわかった。1年生の分布が平均をはさんで ± 1 SD範囲にはほとんどの被験者が入ってしまうほどに、尖度が高い。これは寄宿舎の消灯時刻等の影響も考えられるが、質問項目の選択肢が30分刻みであるために、分布の巾が極端に狭くなって平均に集中したものと思われる。全学年の平均は23:43 ($SD=60$ 分), 中央値は0:02 ($Q_1=23:30$, $Q_3=0:42$)であった。歪度(α_3)は-0.01 ($CR=-0.09$, NS)で正規型への適合が認められたが、尖度(α_4)は4.56 ($CR=7.17$, $P<.01$)で有意差がみられ正規型とはみなせない。理論度数と実測度数の差から調べても、分布は正規型とはみなせないことが確かめられた($\chi^2=55.88$, $df=16$, $P<.01$)。最大の原因は尖度が極端に高い値をとっていることで、この対策としては、就床時刻の選択肢の刻み巾を短くすることが考えられる。

正規型を前提とすることが出来ないため、1.5SD基準の妥当性はやや弱められているが、前進型は、1年生が10名(6.3%), 2年生が6名(3.6%), 3年生が12名(7.6%)であった。一方、遅延型は1年生が0名, 2年生が16名(9.6%), 3年生が15名(9.6%)であった。3学年の合計では、前進型が28名(5.8%), 遅延型が31名(6.4%)であった。1.5SDだけ遅延すると、2年生では1:34, 3年生では1:26以降に就床することになる。平均範囲の7時間睡眠を得ようとすると始業時刻と起床時刻が重なりあうため、欠食や遅刻が起こりやすくなる。そうでない場合には睡眠短縮による不眠が発生する可能性が高まる。約10%の学生にこのような問題性が推定されることは、看過することは出来ない。

3.7 尺度間の相互関係の検討

表1は6つの尺度間の相関関係を表にしたものである。下側は、それぞれの尺度で型分類(たとえば朝型、中間型、夜型)した度数を 3×3 の分割表で χ^2 検定した結果を示したものである。上側はその結果から算出した定性相関係数Cをまとめたものである。短時間型と長時間型の型分類は睡眠相の前進型と遅延型の分類と高い相関を示す以外関係がみられない。起床時

表1 尺度間の相関関係
 χ^2 検定結果(下側)と定性相関係数⁺(上側)

	朝型 —夜型	熟眠 —不眠	規則 —不規則	短時間 —長時間	満足 —不満足	前進 —遅延
朝型		0.17	0.17	0.11	0.26	0.28
夜型						
熟眠	13.18*		0.24	0.10	0.40	0.05
不眠						
規則	11.33*	23.01**		0.05	0.26	0.12
不規則						
短時間	5.51	5.04	0.86		0.16	0.46
長時間						
満足	34.98**	91.94**	28.75**	12.74*		0.20
不満足						
前進	38.87**	1.27	6.02	130.21**	20.26**	
遅延						

* $P<.05$ ($\chi^2 0.05(4)=9.49$)

** $P<.01$ ($\chi^2 0.01(4)=13.28$)

+ Coefficient of Contingency: C

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + N}}, \text{ ただし } C_{\max} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

刻の制約から長時間睡眠者は平均より早く就床するので、位相前進となる。一方、位相遅延をおこすと必然的に短縮睡眠となるので、尺度値は短時間睡眠者の範囲に入ることになる。高校生の睡眠時間の型分類は、生活時間の制約が多いので、尺度上にとらえた得点が真の現象を反映したものかは、はなはだ疑わしい面がある。平日と休日を比較するとか、通学時間を補助尺度として吟味することが大切のように思われる。

朝型－夜型尺度は睡眠時間を除く全ての尺度と相関関係が認められた。朝型は熟眠型、規則型、満足型、前進型と対応しており、夜型はこの逆に、不眠型で不規則でやや宵ばりで、普段の眠りに不満を抱えていることがわかった。規則型－不規則型の尺度も他の尺度と連関度が比較的高い。就床と起床の時刻が規則的な者ほど熟睡し、睡眠に満足しており、不規則な者ほど不満が大きいがわかる。基本的には、早寝、早起きの者で規則的な生活を維持している者ほど、熟睡し眠りに満足することができるという、日常的な結論に導かれる。

3.8 その他

表2 睡眠中の行動や特異な体験の発生率(%)

表2は青年期にしばしば体験される特異な体験(A)と睡眠中の行動(B)の発生率をパーセンテージで示したものである。金縛り体験は学年を追って出現率が上昇し、特に2年生と3年生の間で約2倍に達している。情動時の脱力や眠気も、青年期に特有の体験であるが、学年を追って増加しているのがわかる。男女の人数が極端に異なっているので性差をみるには適していないが、カッコ内に男女別の発生率を示した。いずれも有意差はないが、女子の方が「いびき」を除いてやや高い値を示す傾向がある。寝相の悪さを除くと、いずれも学年が進むにつれて発生率が高くなるが、金縛り体験の上昇勾配は特にきわだっており、この現象の特異性をよく表わしている。

行動・体験	1年	2年	3年	全体	(男子	女子)
A. 特異な体験						
金しばりの体験	15.7	20.8	42.2	26.2	(25.2	36.8)
情動性の脱力	31.9	32.6	36.5	33.6	(32.9	42.1)
緊張時の強い眠気	10.6	14.3	17.6	14.1	(13.3	23.7)
B. 睡眠中の行動						
寝言	35.6	45.0	45.9	42.2	(42.2	42.1)
いびき	29.4	30.2	33.3	31.0	(32.5	13.2)
歯ぎしり	8.6	8.9	13.2	10.2	(9.5	18.4)
ねぼけ	17.8	29.0	21.4	22.8	(22.7	23.7)
夢遊	0.0	1.8	4.4	2.0	(2.0	2.6)
ねぞうの悪さ	56.4	43.8	41.5	47.3	(46.8	52.6)

§4 まとめ

朝型－夜型尺度は正規型の得点分布をすることが確められ、睡眠相と睡眠の満足感および規則性の尺度に相関関係を持つことがわかった。これは Ishihara et al(1987)の大学生の調査と実験結果によく対応している。大学生にみられる個人差は、すでに高等学校の段階で形成されていることが指摘できる。規則性に関する尺度は、高校1年生と2年生の間で分布のボタンが大きく変化した。成熟に伴う生物学的基礎に自由度が増加したことによるのか、それとも学業その他の学校生活からの歪みが表われたのか、あるいは、心理的な発達によるライフ・スタイルの変化によるものかは、今後の興味ある課題である。いずれにせよ、規則－不規則尺度は他の尺度との交絡性が強い尺度であることが認められたことは、評価されてよいだろう。睡眠相の前進－遅延尺度には正規性が認められなかった。従来の知見からは、睡眠時間の分布と同じように正規性が仮定されてきた。今回はそのいずれにも正規性が認められなかった。このことが高校生の特性を示すものであるなら、さらに分布の統計的性質を吟味し、妥当な判別基準を模索する必要があるだろう。

特異体験のうち金縛りについては、Fukuda et al(1987)の調査では男子が37.7%、女子で51.4%、全体で43.0%であった。彼らの調査対象が大学生であったこと、この体験の初発年令が思春期後半に集中すること(福田1988)を考え合えると、今回の3年生の発生率が42.2%であったことは充分納得のゆく数値である。しかし、この体験が睡眠麻痺と関連したものとすれば、ASDCの予測水準をはるかに超えたもので、我国特有の現象のようにも思われる。世界的にみれば珍しい体験であっても、我々にとっては極く普通の心理体験であることには変りがなく、このことを資料をもって明らかにするとは、意味のあることと言える。

謝 辞

資料の整理にあたって、広島大学総合科学部人間行動研究講座の林光緒・森川俊雄・吉岡朋子の3君の協力を得た。記して感謝の意を表したい。

引用文献

- 有廣圭司・堀忠雄・増本貫一・村上滋樹 1988. 高専生の睡眠生活調査(1) 呉工業高等専門学校研究報告 Vol. 24, No. 1: 1~10.
- Association of Sleep Disorders Centers 1979. Diagnostic classification of sleep and arousal disorders. Sleep 2: 1-137.
- 福田一彦 1988. 発達期における睡眠時の異常行動と意識体験 堀忠雄(編) 不眠 同朋舎出版 106-129頁。
- Fukuda, K., Miyashita, A., Inugami, M. et al 1987. High prevalence of sleep paralysis: kanashibari phenomenon in Japan. Sleep 10:279-286.
- 林光緒・堀忠雄 1987. 大学生及び高校生の睡眠生活習慣の実態調査 広島大学総合科学部紀要Ⅲ 11: 53-63.
- Horne, J. A. & Östberg O. A. 1976. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. Inter. J. Chronobiol. 4:97-110.
- 石原金由・宮下彰夫・犬上牧他 1986. 日本語版朝型-夜型 (Morningness-Eveningness) 質問紙による調査結果 心理学研究57: 87-91.
- Ishihara, K., Miyashita, A., Inugami, M. et al 1987. Differences in sleep-wake habits and EEG sleep variables between active morning and evening subjects. Sleep 10:330-342.
- Ishihara, K., Miyashita, A., Inugami, M. et al 1984. Validity of the Japanese version of the Morningness-Eveningness Questionnaire. Percept. Mot. Skills. 59:863-866.
- 宮下彰夫 1984. 睡眠の心理学 鳥居鎮夫(編) 睡眠の科学 朝倉書店 87-105頁。
- Monroe, L. J. 1967. Psychological and physiological differences between good and poor sleepers. J. Abnom. Psychol. 72:255-264.
- 中沢洋一(編) 睡眠・覚醒障害の臨床 医学書院。
- Taub, J. M. 1978. Behavioral and psycho-physiological correlates of irregularity in chronic sleep routines. Biological Psychology 7:37-53.

(平成元年4月15日受付)

簡易型ロジック・シミュレータ (第2報)

(電気工学科) 綿 井 伸 爾

A Simplified Logic Simulator (2nd Report)

Shinji WATAI

We improved the functions of the simplified logic simulator which we had reported previously in this memoirs. For ease to enter input data, we changed the format of the input data, and made it possible to define macro circuits. We also made the error messages more detailed to correct input errors easily. Although there is room for improvement in processing output data, it was rather improved to enter the input data for simulation.

§ 1 はじめに

教育用として開発した簡易型ロジック・シミュレータ¹⁾のシミュレーション回路ファイルの仕様の変更および機能の一部拡張を行なった。これまでシミュレーション回路ファイルの作成が面倒であった点は、かなり改善された。特に、カウンタ、シフトレジスタ、加算器等のように同じ回路を繰り返して使用している回路については、繰り返される回路をマクロ定義することにより入力の手間が大幅に軽減された。また、より詳細なエラー・メッセージを出すようにして、入力ミスの訂正が容易になるようにした。

§ 2 入力ファイル

シミュレーション回路ファイルは、エディタにより作成する。図1に2ビット全加算器の回路図を、図2にこの回路を定義したシミュレーション回路記述文を示す。図2において、第1行の／LOGSIMの後に一つ以上の空白を置きその後に回路名を書く。マクロ回路を使用するときは、／MACROの後に一つ以上の空白を置きマクロ名を書く。その次の行にJINの後に空白で区切って入力端子名を書く。次の行からはマクロ回路の記述であるが、各行の先頭に素子名を書き空白で区切ってその素子の入力端子名を書き、前後に空白を持つコロン（' : '）で区切り、その後に空白で区切って出力端子名を書く。マクロ回路の記述の最後に、先頭にJOUTを置きその後に空白で区切ってマクロ回路の出力端子名を書く。マクロ回路の定義は、／MEND行で終わる。

マクロ回路の定義の後に、回路の定義を行なう。／CIRCUIT行と／END行の間に素子名で始まるマクロ回路の記述と同じような回路記述行を置く。なお、／*で始まる注釈行は入力ファイルの任意の位置に置くことが出来る。各行の長さは、240桁以内であればよい。マクロ回路の入出力端子数

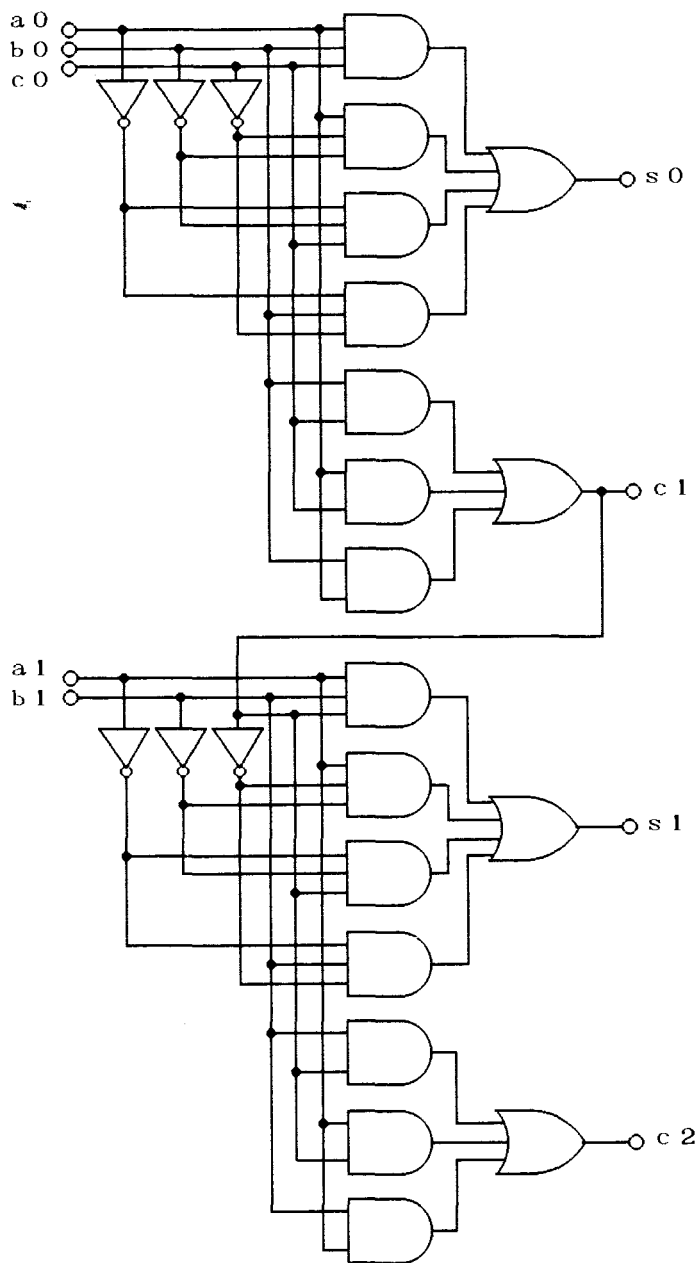


図1 2ビット加算器

は、各々1行以内に納まる数に制限される。各素子の最大入力端子数は5、最大出力端子数は2である。外部信号ファイル、表示信号ファイルおよび、初期値ファイルの仕様は、文献1のままで変更していない。

§3 プログラムの概要

プログラムの流れ図を図3に示す。ファイル名を入力することにより指定されたファイルを読み込む。回路記述ファイル、外部信号ファイルを読み込むと回路接続テーブルを作る。このとき、マクロ回路が定義されていると回路接続テーブル中にマクロ回路を展開する。また、未定義素子名、未定義マクロ名、入出力端子数、ファンアウト数、未接続入力端子、出力の衝突等のチェックを行ないエラーがあればエラー・メッセージを表示する。表示信号の数は、CRTの一画面内に表示可能な数として最大20に設定してある。

表示信号ファイルの読み込み後、シミュレーションの時間間隔と終了時刻、表示開始時刻と時間間隔、プリンタ使用の有無を入力すると、回路接続テーブル、外部信号テーブル等のポイ

ンタの初期化を行なう。フリップ・フロップ等の出力に初期値を設定するときは、初期値ファイル名を入力すると、指定された初期値ファイルを読み込み初期値の設定を行なう。プリンタの使用が指定されているときは、回路接続テーブル、ファンアウト表および外部信号表をプリントする。

シミュレーションは、時刻0から指定された時間間隔で指定された終了時刻まで行なう。シミュレーションの方式は、タイム・マッピング方式²⁾を採用している。出力の変化(以下、イベントと呼ぶ)

```

/logsim 2-bit adder
/* a sample program
/macro full-adder
  jin c0 a b
  inv a : a/
  inv b : b/
  inv c : c/
  3-and a b c : y1
  3-and a c/ b/ : y2
  3-and a/ b/ c : y3
  3-and a/ b c/ : y4
  4-or y1 y2 y3 y4 : s
  2-and b c : y5
  2-and a c : y6
  2-and b a : y7
  3-or y5 y6 y7 : c1
  jout s c1
/mend
/circuit
full-adder c0 a0 b0 : s0 c1
full-adder c1 a1 b1 : s1 c2
/end

```

図2 回路記述文

が予定されている素子は、タイム・テーブルのその時刻に対応する欄 (以下、タイム・スロットと呼ぶ) に登録される。同一時刻に複数のイベントが発生するときは、これらのイベントをポインタで結びリスト構造 (以下、イベント・キューと呼ぶ) とする。なお、入力の変化によっては予定されたイベントを取り消すことがあるので、イベント・キューは双方向リストになっている。現時刻のイベント・キューの各出力を求め、各出力に接続されている入力端子の値を更新する。次に、入力の値が変化した素子の出力値と変化時刻を求め、対応するタイム・スロットのイベント・キューに登録する。現時刻が指定された表示時刻のときは、指定された表示信号の値を出力バッファに書き込む。出力バッファが一杯になると、その内容をCRTと指定時はプリンタへも出力する。タイム・テーブルの大きさは1000ステップにしている。シミュレーションのステップが1000を超えるときは、タイム・テーブルの更新を行なう。

シミュレーションが終了すると、コマンド入力待

となる。現在、使用可能なコマンドは次の四つである。

C : 終了時刻以後のシミュレーションを引続き行なう。

S : 同じ回路で、時間パラメータを変化させて初めから行なう。

R : 別の回路のシミュレーションを行なう。

Q : 終了。

本シミュレータの諸元をまとめると次の様になる。

1. 機能

タイム・マッピング方式。

素子の伝搬遅延時間を考慮した4値シミュレーション (0, 1, 過渡値, 不定値)。

最小シミュレーション・ステップ 1 ns。

出力表示は、1 ns単位でサンプリング間隔を変化可能、表示信号数は、最大20。

登録素子の種類は、inv, and, nand, or, nor, exor, exnor, d-ff, jkff。

マクロ回路の使用が可能。

回路の素子数は、最大1000個。

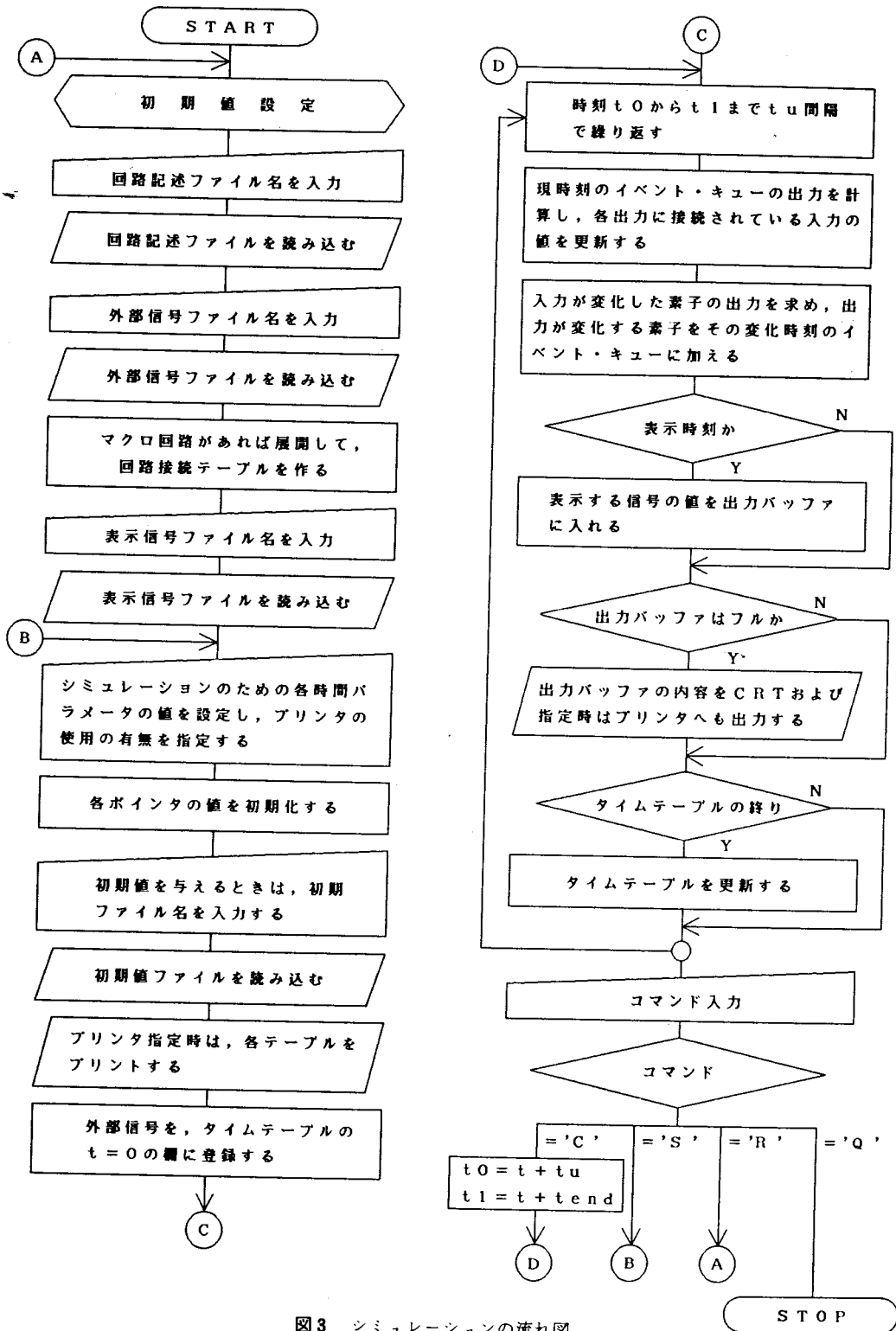
2. その他

プログラム言語 FORTRAN77

プログラム寸法 約2500行 (コメント文を含む)

§4 シミュレーションの実行例

図1の2ビット加算器のシミュレーションの結果を図4～図7に示す。図4は、マクロ回路を展開した回路接続テーブルである。図5は、外部入力信号でpは周期信号、aは非周期信号を表わす。図6は、ファン・アウト表である。登録されている素子は、ファン・アウト=10、ファン・イン=1に固定しているので、素子の出力に接続可能な入力端子数は10までで、それを超すと警告メッセージが



LOGIC SIMULATOR Ver 0.0

***** Simulating Circuit *****

No	Element Name	1	2	Input 3	4	5	Output 1	2
U001	1-inv	a0					a0/	
U002	1-inv	b0					b0/	
U003	1-inv	c0					c0/	
U004	3-and	a0	b0	c0			y1-1	
U005	3-and	a0	c0/	b0/			y2-1	
U006	3-and	a0/	b0/	c0			y3-1	
U007	3-and	a0/	b0	c0/			y4-1	
U008	4-or	y1-1	y2-1	y3-1	y4-1		s0	
U009	2-and	b0	c0				y5-1	
U010	2-and	a0	c0				y6-1	
U011	2-and	b0	a0				y7-1	
U012	3-or	y5-1	y6-1	y7-1			c1	
U013	1-inv	a1					a1/	
U014	1-inv	b1					b1/	
U015	1-inv	c1					c1/	
U016	3-and	a1	b1	c1			y1-2	
U017	3-and	a1	c1/	b1/			y2-2	
U018	3-and	a1/	b1/	c1			y3-2	
U019	3-and	a1/	b1	c1/			y4-2	
U020	4-or	y1-2	y2-2	y3-2	y4-2		s1	
U021	2-and	b1	c1				y5-2	
U022	2-and	a1	c1				y6-2	
U023	2-and	b1	a1				y7-2	
U024	3-or	y5-2	y6-2	y7-2			c2	

図4 回路接続テーブル

LOGIC SIMULATOR Ver 0.0

***** External Input Signal *****

No	Signal Name	Initial /Periodicity	Value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
001	a0	/p	0	145	140										
002	b0	/p	0	100	100										
003	c0	/a	0	2000											
004	a1	/p	0	60	60										
005	b1	/p	0	20	20										

図5 外部入力信号

LOGIC SIMULATOR Ver 0.0

***** Fan-Out Table *****

No	Ext/Dut Name	1	2	3	4	5	6	Load 7	8	9	10
001	a0	U001-01	U004-01	U005-01	U010-01	U011-02					
002	b0	U002-01	U004-02	U007-02	U009-01	U011-01					
003	c0	U003-01	U004-03	U006-03	U009-02	U010-02					
004	a1	U013-01	U016-01	U017-01	U022-01	U023-02					
005	b1	U014-01	U016-02	U019-02	U021-01	U023-01					
001	a0/	U006-01	U007-01								
002	b0/	U005-03	U006-02								
003	c0/	U005-02	U007-03								
004	y1-1	U008-01									
005	y2-1	U008-02									
006	y3-1	U008-03									
007	y4-1	U008-04									
009	y5-1	U012-01									
010	y6-1	U012-02									
011	y7-1	U012-03									
012	c1	U015-01	U016-03	U018-03	U021-02	U022-02					
013	a1/	U018-01	U019-01								
014	b1/	U017-03	U018-02								
015	c1/	U017-02	U019-03								
016	y1-2	U020-01									
017	y2-2	U020-02									
018	y3-2	U020-03									
019	y4-2	U020-04									
021	y5-2	U024-01									
022	y6-2	U024-02									
023	y7-2	U024-03									

図6 ファン・アウト表

電子回路教育におけるアナログ回路シミュレータの利用

(電気工学科) 綿 井 伸 爾

Utilization of a Circuit Simulator in Teaching Electronic Circuits

Shinji WATAI

In this paper, we describe an educational effectiveness of using a circuit simulator in teaching electronic circuits. Using a circuit simulator, we can estimate the static and dynamic characteristics of an electronic circuit without making an actual circuit. According to the questionnaires, almost all students are affirmative for using a circuit simulator.

§ 1 はじめに

電気工学科では、電子回路に関する科目として4学年で「電子回路」3単位および5学年で「電子回路設計」1単位を開講している。「電子回路」では、半導体素子を使用したアナログ回路の動作原理とその応用について講義し、「電子回路設計」では、簡単なアナログ回路およびデジタル回路の設計を行なわせている。これらの科目に対する学生の理解度を深め興味を持たせるためには、次の様な方法が考えられる。すなわち「電子回路」の講義と、「電気工学実験実習」の題目とその実施時期とを、密接に関連付けること、また、「電子回路設計」については、設計した回路を実際に製作させてみるということである。しかしながら、これらの方法の実施には、機材設備の不足、時間数の不足等困難な問題点が多い。

回路シミュレータは、その回路の近似的な動作状態や特性を求めることができ、回路定数の変更や最適化も簡単に行なうことができる。従って、上述の回路の設計、製作、特性の実測に代わる有効な方法としての利用が可能である。本稿は、回路シミュレータを本格的に授業で利用するための予備段階として、アナログ回路シミュレータを「電子回路設計」の課題の評価に試用した結果の報告である。

§ 2 アナログ回路シミュレータ

授業で使用するための要件としては次のようなものが挙げられる。

- ① 使用法が簡単で入出力がわかりやすいこと。
- ② 会話形式で簡単に回路定数等の変更ができること。
- ③ 比較的小規模な回路の取り扱いが可能であればよく、登録素子数も少数でよいこと。
- ④ パーソナル・コンピュータ上で動作可能なこと。
- ⑤ 安価であること。

将来的には、授業のとき学生一人当たり一台のコンピュータを使用できるような環境を考えているので④、⑤は特に重要である。

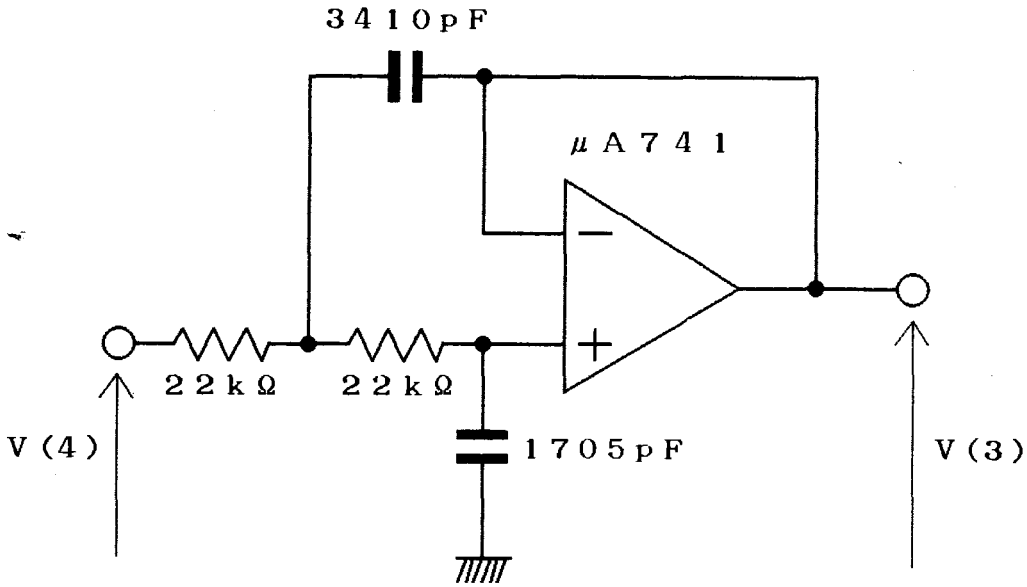


図1 2次低域通過型アクティブ・フィルタ回路

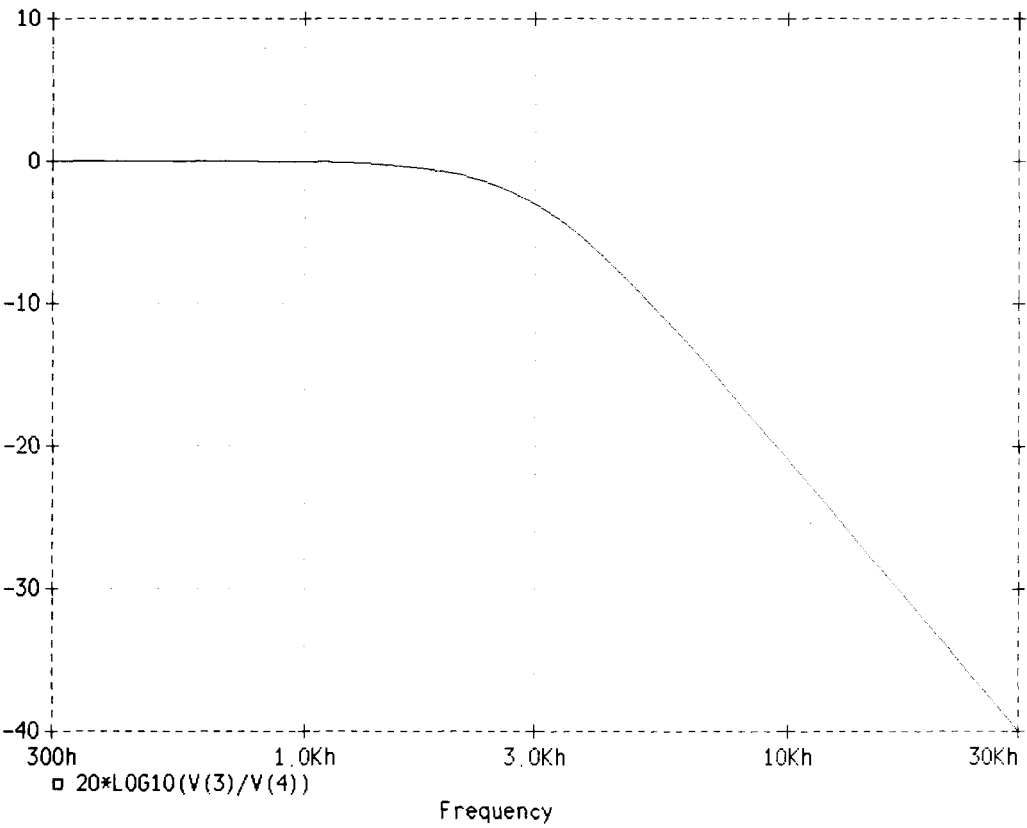


図2 2次低域通過型アクティブ・フィルタの特性

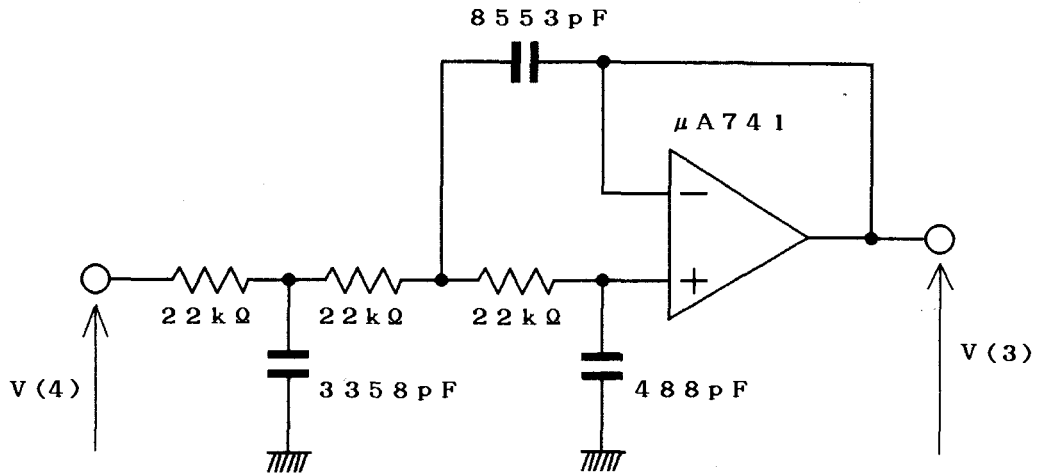


図3 3次低域通過型アクティブ・フィルタ回路

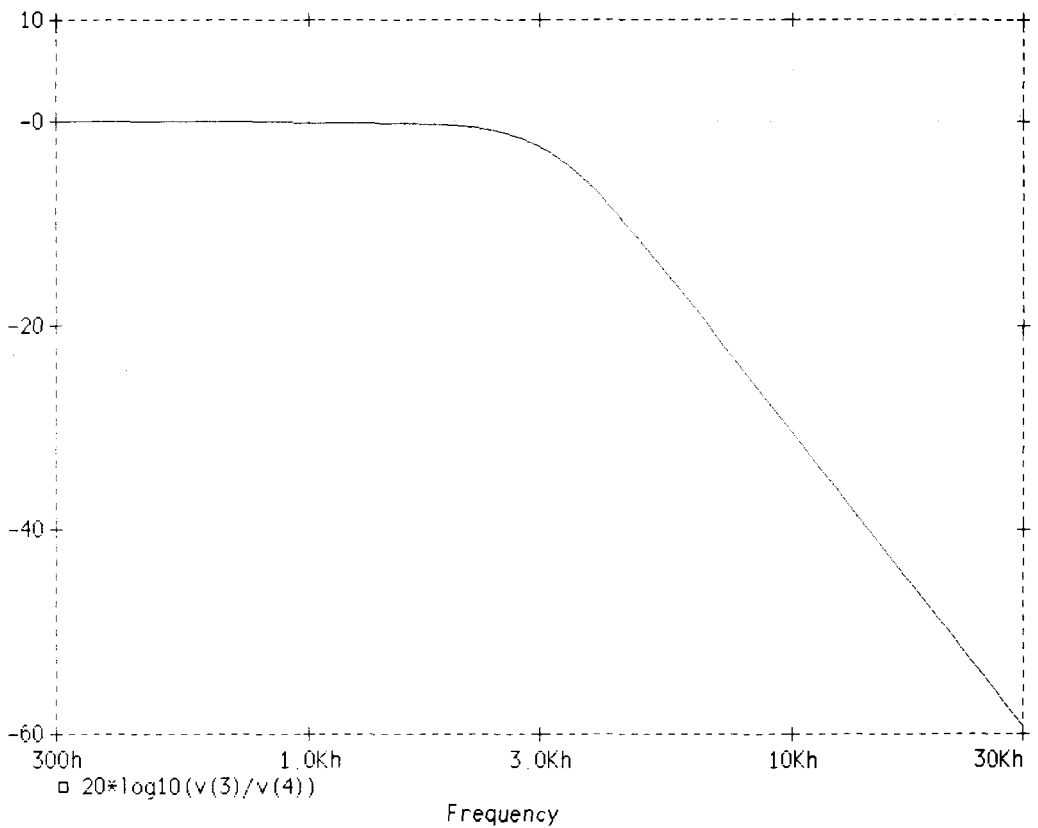


図4 3次低域通過型アクティブ・フィルタの特性

アナログ回路シミュレータには、ASTAP, SPICE, ANAP 等や、大規模集積回路のシミュレーションのために論理シミュレーションとの混合シミュレーションが可能な SPLICE, DIANA 等がある¹⁾。何れも大規模なプログラムであり、授業で使用するのは困難である。パーソナルコンピュータ用としては、PSPICE²⁾, SSPICE³⁾, Micro-CAP II⁴⁾ 等が市販されている。何れも機能的には十分であるが、授業に必要な部数をそろえるのは費用の点で殆ど不可能である。ところが、PSPICE の一部の機能を除いた評価/教育用バージョン⁵⁾ (以後、教育バージョンと称する。)は、価格がフルバージョンの約1割弱と安価である。そこで、これを使用して回路シミュレータに対する学生の反応の調査を試みた。

§ 3 「電子回路設計」における課題評価への利用

「電子回路設計」の設計課題の中からアクティブ・フィルタを選び、提出された学生のレポートの評価に上述の教育バージョンを使用した。アクティブ・フィルタは、単一演算増幅器型の2次低域通過型、3次低域通過型、2次高域通過型および2次帯域通過型で、使用した演算増幅器 $\mu A741$ はこの教育バージョンに登録されている唯一の演算増幅器である。図1～図4に、回路図およびシミュレーション結果の一例を示す。

学生から提出されたレポートをもとに、データ入力、シミュレーションおよびその結果の出力は筆者が行ない、評価を付して返却した。シミュレーションの結果、与えられた仕様を満足していないレポートについては、再提出を求めた。全員のレポートが合格した時点でアンケート調査を行ない、回路シミュレータの使用についての感想を求めた。表1にアンケートの結果を示す。

アクティブ・フィルタの設計は、設計理論は難解であるが設計の作業自体は単純な計算が多く、従来、学生があまり興味を示さなかった課題である。ところが、自分の設計した回路の特性を示してやることにより、83%の学生が多少なりとも興味を持つようになった。シミュレータの使用については、95%が肯定的な意見を持っている事が分かる。また、実際に自分で使用

表1 回路シミュレータ使用に関するアンケート結果

I. 課題に対する興味	
1. 興味が起きた.	13人(36.1%)
2. 少し起きた.	17人(47.2%)
3. あまり起きなかった.	5人(13.9%)
4. 全く起きなかった.	0人(0%)
5. その他.	1人(2.8%)
II. シミュレータの使用	
1. もっと使用すべきだ.	22人(61.6%)
2. 課題によって使用を考える.	12人(33.3%)
3. どちらでもよい.	2人(5.6%)
4. 必要ない.	0人(0%)
5. その他.	0人(0%)
III. シミュレータの使用形態について	
1. 今回の形式でよい.	6人(15.8%)
2. 自分で使用してみたい.	20人(52.6%)
3. 教室で実演してみせるとよい.	10人(26.3%)
4. どちらでもよい.	0人(0%)
5. その他.	2人(5.3%)
IV. 実物の製作について	
1. 自分で設計した回路を作ってみたい.	26人(72.2%)
2. シミュレータでよい.	8人(22.2%)
3. 設計のみでよい.	2人(5.6%)
4. どちらでもよい.	0人(0%)
5. その他.	0人(0%)

したり実演を見たいと希望する学生が89%，設計した回路を自分で製作してみたいと思っている学生が72%と多数いることも分かった。

§ 4 今後の問題点

使用した教育バージョンは、直流解析、交流解析、過渡解析、雑音解析、素子感度解析、フーリエ解析、モンテカルロ解析等シミュレータとしての機能は豊富であり、また価格も安いので教育用として適しているが、次のような難点もある。登録されている部品数が非常に少なく、データブックの数値から部品登録のためのパラメータを抽出する機能が削除されているので、新たに部品を登録するのは容易ではない。また、回路記述およびシミュレータのコマンド等からなる入力ファイルを適当なエディタで作成する必要があるので、回路記述の様式、コマンドの種類、エディタの使用法等を事前に学習する必要がある。

授業の環境としては、初めに述べたように、学生一人当たり一台のコンピュータが使用可能で、授業時間中に自由に回路シミュレータを使用できる事が望ましい。残念ながら、本校にはこのような設備は無いが、教育用コンピュータの更新時には、少なくともこの程度の環境は実現して欲しいものと願っている。それまでは§ 3で述べた方法に工夫を加えながら、より有効な利用方法を考えてゆかなければならない。

「電子回路設計」については、アンケートのⅣの結果に見られるように設計した回路を製作してみたいという希望が多い。実際に物を作ることから得られる教育的効果は大きいと思われるので⁶⁾、全ての課題については無理であるが、一つの課題位については実施したいものと考えている。製作した回路の特性を実測し、回路シミュレータの出力と比較させることも重要なことである。

§ 5 むすび

電子回路教育に回路シミュレータを導入するための予備実験として、「電子回路設計」の授業にアナログ回路シミュレータを使用して学生の反応を調べてみた。その結果、回路シミュレータの使用によって、教育効果をあげることができるという見通しを得ることが出来た。授業で十分な台数のパーソナル・コンピュータが使用出来る環境が整備された時点で、回路シミュレータを本格的に使用したいと思っている。

参考文献

- 1) 可児賢二他：超LSI CADの基礎，71-72，オーム社，1983
- 2) サイバネット システム(株)：PSPICE，日本語マニュアル
- 3) 兼松セミコンダクター(株)：SSPICE，カタログ
- 4) (株)東陽テクニカ：Micro-CAP II，カタログ
- 5) サイバネット システム(株)：PSPICE 評価／教育用バージョン，説明書
- 6) 西川定則：新しい実践教育の試み，高専教育，第6号，112-117，1983. 2

(平成元年4月15日受付)

ホローカソード中のNe, Ar準安定原子密度の測定

(電気工学科) 山 崎 勉

Measurement of the Population Densities of Neon and Argon Metastable Atoms in the Hollow Cathode

Tsutomu YAMAZAKI

The population densities of metastable atoms in the low pressure hollow cathode glow discharge were measured by the optical absorption method. Experiments were carried out with a cylindrical hollow cathode of 150 mm in length and 19.4 mm in inner-diameter in order to investigate the discharge current dependence of the metastable densities of $1s_5$ and $1s_3$, of neon and argon.

Both the population densities of $1s_5$ and $1s_3$ decreased little by little as increasing the discharge current from 10 to 210 mA. Typical metastable densities at 100 mA for neon were 3×10^{10} for $1s_5$ and $4 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ for $1s_3$, and almost the same values for argon. And a little variation of the pressure dependence were found in the gas pressure ranging from 10 to 170 Pascal.

§ 1 まえがき

グロー放電の陰極降下領域は放電維持に不可欠な領域で、放電励起機構の解明にはこの領域の研究が重要である。また、この領域は実用的な面から、現在プラズマCVD¹⁾やホローカソードレーザ²⁾等において活発に利用されており、基礎から応用まで広い範囲での研究が行われている。

ホローカソード放電は平板陰極を用いたグロー放電に比べ、いわゆるホロー陰極効果の存在が知られている。その効果は陰極降下領域の励起機構の特徴に深く関連しており、その中でのプラズマ諸量や素過程の解明には大きな興味がよせられている。

放電励起機構における準安定準位の重要性は多くの研究者により指摘されている。そこでホローカソード内の準安定原子密度の測定を行い、その結果を報告してきた^{3, 4)}。すなわち、アルゴンの二つの準安定準位のうち低い準位 ($1s_5$) の占有密度について放電流依存性³⁾ およびその円筒陰極内の径方向密度分布⁴⁾ の測定結果であった。

今回、測定に用いるスペクトル線の波長を変え前回の測定値との比較を試みると同時に、二つある準安定準位 ($1s_5$, $1s_3$) の両方の測定を行った。また、気体をアルゴンとネオンの二種について実験し、放電電流依存性を求めたので、その結果について報告する。

§ 2 実験方法と装置

測定方法は前回³⁾と同様に同一放電を用いた光吸収法によった。前回に比べ異なる点は自記分光分析装置の光導入口に凹面鏡を用いた光学系(ファイバ集光系)を配置した事である。すなわち、ホローカソード(ステンレス製、内直径19.4mm、長さ150mm)からの発光を凹面鏡で結像させ、像の中心部においた光ファイバで自記分光分析装置⁵⁾の入射光学系に導入した。ファイバ集光系で得られた実像は約5mmの直径で、光ファイバが1.3mmの直径である事から、ホローカソード中心部約5mmの直径の領域の測定を行ったものと考えられる。その結果、入射光量は増加したが空間分解能は低下し、放電軸付近の平均値が測定される。

また測定に用いた波長の関係から、回折格子をブレイズ波長750nm刻線数1200本/mmとし、光電子増倍管にはR2228(浜松ホトニクス)を利用した。

同一放電を用いた光吸収法を用いると、吸収係数 k_0 と準安定準位占有密度 N_l との関係は次の式で表わされる^{3, 6)}。

$$N_l = \sqrt{\frac{\pi k T_g}{M}} \frac{g_l}{g_u} \frac{8\pi}{\lambda_0^3} \frac{1}{A_{ul}} \frac{k_0 L}{L}$$

ここで、 M は原子質量、 g_u 、 g_l は上準位および下準位の統計重率、 λ_0 はスペクトル線の中心波長、 A_{ul} はこの波長での自然放射の遷移確率、 L はプラズマ長である。分光分析装置より得られるスペクトル線強度と吸収係数との関係は次式で表わされる。

$$\frac{I_s + I_A - I_{s+A}}{I_s} = A_L(k_0 L) = \frac{\int [1 - \exp(k_0 L \exp(-\omega^2))]^2 d\omega}{\int [1 - \exp(k_0 L \exp(-\omega^2))] d\omega}$$

ここで I_s 、 I_A は光源および吸収用被測定プラズマの一方のみからの発光スペクトル線強度で、 I_{s+A} は両方が同時に存在している時のスペクトル線強度である。線吸収の割合 A_L は $k_0 L$ に対し、測定系の設定により一意に定まる量で、数値計算により容易に得られる[上式右辺]。

実験に用いた放電電極系の配置を図1に示す。二つのホローカソードは56mm離して同一軸上に設定

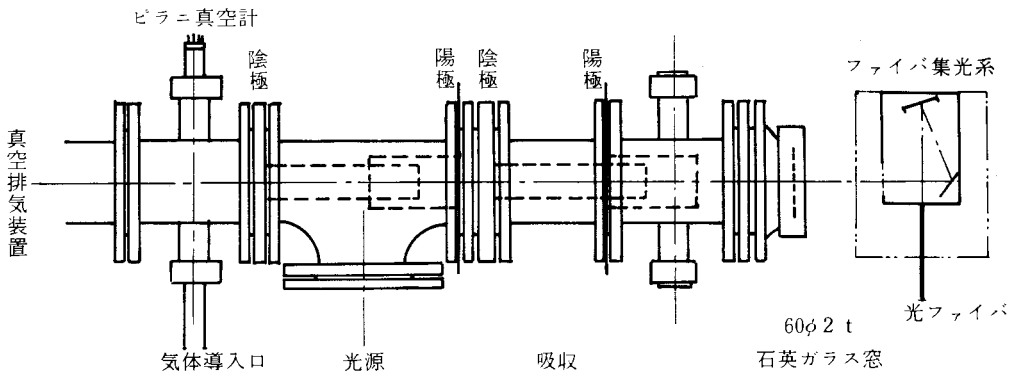


図1 放電管と光学系の配置

してある。陽極はホローカソードの一端に同軸に黄銅製の円筒(内直径40.5mm、厚さ2mm、長さ80mm)である。ホローカソードの外側はガラス管で囲い、外面からの放電を防いだ。被測定用ホローカソードの最も外側に焦点を合わせたファイバ集光部により、放電軸方向から中心軸上の発光を検出、記録した。

占有密度に算出に用いた諸量を表1に示す⁷⁾。

表1 ネオン, アルゴンの各種定数

	下単位	上単位	波長 λ_0 (nm)	A係数(10^8 S^{-1})	g_i/g_0	スリット幅×高さ (mm)	密度 N_i (cm^{-3})
ネオン ($M=20.179$)	$1s_5 (3^3P_2)$	$2p_7$	621.73	0.0601	5/3	0.013×4	$1.301 \times 10^{11} k_0 L$
	$1s_3 (3^3P_0)$	$2p_{10}$	743.89	0.0242	1/3	0.015×4	$3.773 \times 10^{10} k_0 L$
アルゴン (39.948)	$1s_5 (4^3P_2)$	$2p_2$	696.54	0.0670	5/3	0.012×4	$5.899 \times 10^{10} k_0 L$
	$1s_3 (4^3P_0)$	$2p_7$	866.79	0.0280	1/3	0.020×4	$1.465 \times 10^{10} k_0 L$
	$1s_5 (4^3P_2)$	$3p_0$	415.86	0.0145	5/5	0.020×4	$1.153 \times 10^{11} k_0 L$

気体温度 $T_g=350 \text{ K}$, $L=15 \text{ cm}$, M は原子質量単位 (a.m.u)

実験は、実験用の気体で予備放電を放電電流100~150mAで30分以上行った後、高真空排気装置で 10^{-3} Pa まで排気した後封じ切りとして行った。ネオンは試験用の純ネオンガス(帝国酸素)を用い、アルゴンは従来通り溶接用のアルゴンガスを用いた。気体導入口から導入し、ピラニ真空計で気圧を一定値とした後、実験を開始した。ネオンではピラニ真空計の読み0.30, 0.38, (0.53), 0.63, 0.73 Torr について、アルゴンでは0.10, 0.30, 0.53, 0.72 Torr について実験した。ネオンについては較正表がないため、絶対値は不明であるが、アルゴンに比べわずかに小さい値となっているものと考えられる。アルゴン上記4つに対し、18.6, 66.5, 120, 160 Paであった。

測定は、気圧設定後小電流から各放電電流値において I_S , I_{S+A} , I_S の順で記録した後、放電電流を増加し同様の手順をくり返した。各スペクトル線分布の高さをスペクトル線強度として、線吸収の割合 A_L を算出した。

§3 結果とその検討

初めにホローカソード放電の電圧電流特性を示す。図2はネオン、図3はアルゴンの場合である。各測定点は同一気圧、同一放電電流時の数回の実験結果の平均値を表わしている。これらの結果はホローカソード放電の電圧電流特性として以前に報告⁸⁾したものと同定性的に一致している。放電電流の増加とともに放電維持電圧は上昇する、異常グロー放電の領域にある事がわかる。また、気圧の増加により放電電圧はわずかに低下している。アルゴンの場合、光源側の放電(実線で表示)の方が吸収側に比べ電圧が高い。ネオンの場合には逆に光

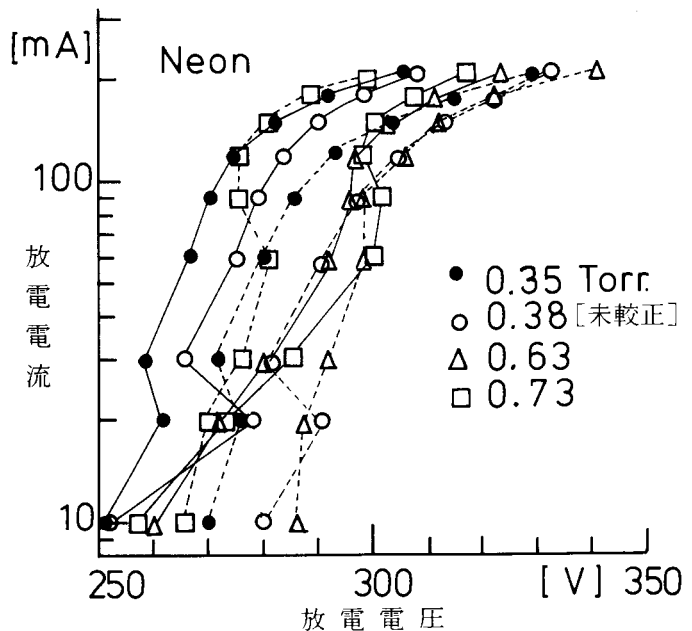


図2 ネオンのホローカソード放電の電圧電流特性
実線は光源側、破線は吸収側が単独で放電している場合

源側(実線)の方が電圧が低い方に現われている。この違いはネオンでの実験がアルゴンの場合より気圧が高いためと考えられる。気体の種類による差はわずかで、アルゴンの方が放電電圧で10~20V高めに出現、電圧の変化範囲が大きく現われている事である。なお気圧は、未校正のためピラニ真空計の読みをそのまま記載してある。(以下同様)

ネオンの準安定原子占有密度の測定結果を1s₅と1s₃についてそれぞれ図4と図5に示す。放電電流10mAから210mAの増加に対し占有密度は減少している。気圧による変化はほとんど見られない。各測定点は数回の実験値の平均値である。

アルゴンの場合の測定結果を図6と図7に示す。結果はネオンの場合と同じ傾向がみられる。また以前の実験結果⁽³⁾とほぼ一致する。前回の報告では、アルゴン準安定原子(1s₅)の占有密度は大きな電流の領域(100mA以上)で $4 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ であった。表1でわかるように、今回気体温度を350Kとして、415.86nmの場合の占有密度と吸収係数との関係を計算しなおしてみたところ、前報の係数は計算誤りを含んでいる事がわかった。その結果はほぼ一桁大きくなっている事が明らかとなった。それを考慮に入れ、アルゴン1s₅について測定波長の異なる二つの結果は定性的にも定量的にも一致する

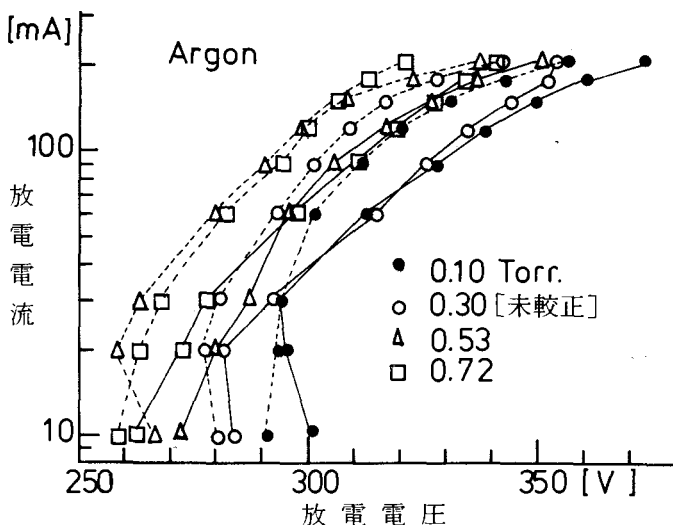


図3 アルゴンのホローカソード放電電圧電流特性
実線は光源側、破線は吸収側が単独で放電している場合

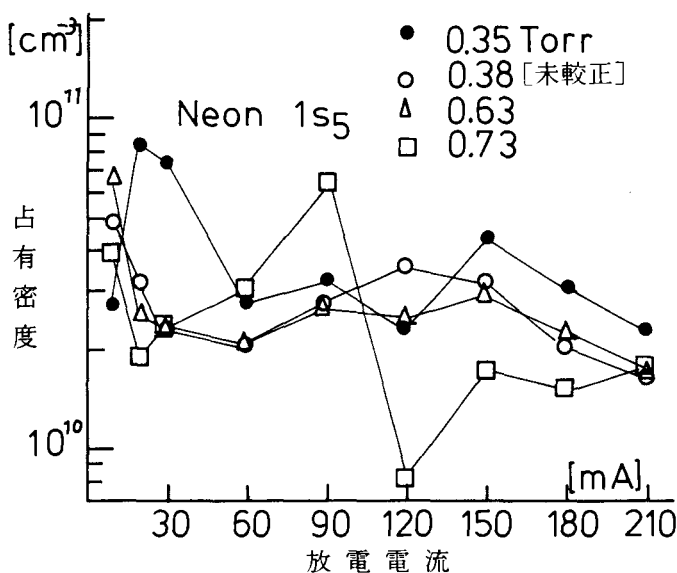


図4 ネオン準安定原子密度の放電電流依存性
電流の増加に対し密度は減少している。電流の大きさにより減少の割合は異なっている。気圧による差はほとんどみられない。0.73 Torr では実験値の数が少なく、測定値の分散が大きい。

事がわかる。

$1s_5$ と $1s_3$ の各準安定準位の占有密度は放電電流100mA付近でみるとネオンで約 3×10^{10} と 5×10^9 で、アルゴンではそれぞれ 3×10^{10} と 4×10^9 (cm^{-3})である。溝形ネオンホローカソード放電での測定値と定性的に一致する⁹⁾。すなわち、放電電流依存性と二つの準位の占有密度の割合についてである。 $1s_5$ より $1s_3$ の方が占有密度が小さい。またこれはグロー放電陽光柱プラズマの場合と同じである事がわかる¹⁰⁾。この原因として考えられる事は基底準位からの電子衝突励起断面積の大きさが、 $1s_5$ の方が大きい事¹⁰⁾と、電子衝突による累積励起とその逆過程による $1s$ 準位間の相互関係¹¹⁾がある。逆過程は電子エネルギーの分布¹²⁾を考えると生じやすい事が考えられ、ホローカソード内では陽光柱内より顕著に現われるものと考えられる。定量的な検討は別の機会に詳しく報告したい。

精密な測定により、低電流域での占有密度が最大値をとるのか、また気圧による変化があるのかどうかについて興味をもたれる。この点については、信号雑音比の一層の改善と放電電源等の改良による放電再現性の維持が必要であるが、現状では非常に困難である。別な方法として例えば波長可変レーザを用いた密度の測定も考えられ¹³⁾、今後検

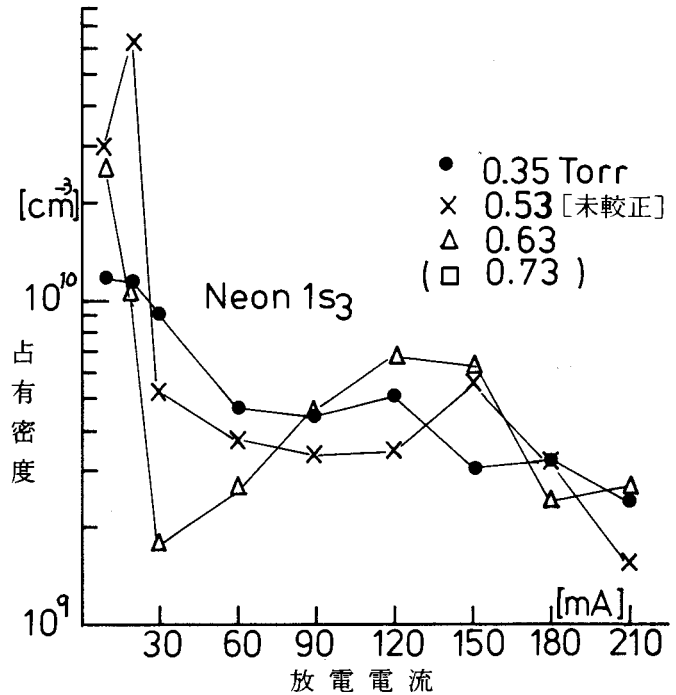


図5 ネオン準安定原子密度の放電電流依存性
電流の増加とともに密度は $1s_5$ の場合より急に減少している。

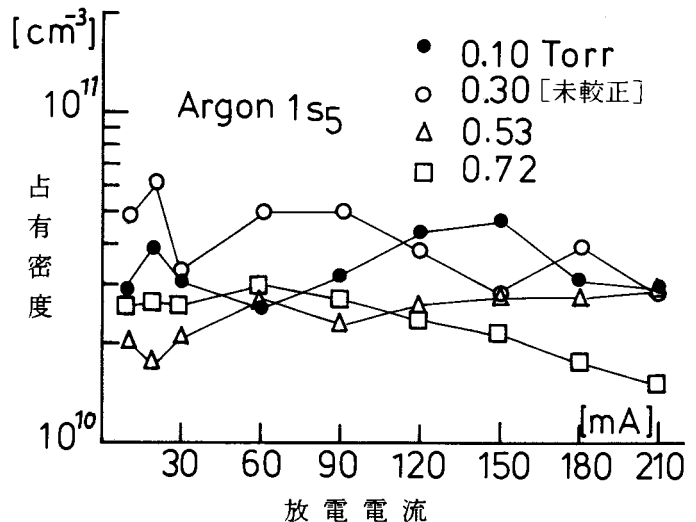


図6 アルゴン準安定原子密度の放電電流依存性
電流の増加に対し密度はわずかずつ減少している。気圧による差は明確でない。

討すべき問題点である。その他、空間分解能の改善を計り、円筒形ホローカソードの中心部負グロープラズマから陰極前面の陰極暗部に至る空間の占有密度分布やその他のプラズマ諸量の測定により素過程の解明を行う事も重要な課題の一つである。

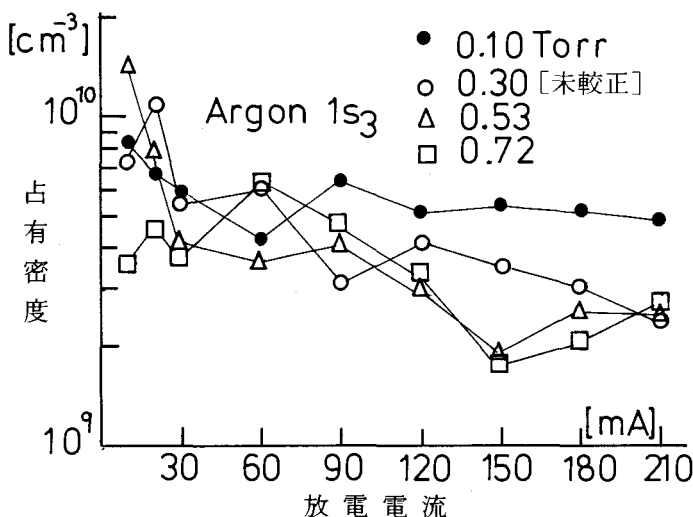


図7 アルゴン準安定原子密度の放電電流依存性
電流の増加に対し密度は減少している。
 $1s_5$ の場合に比べ、減少の割合が大きい。
気圧による差は明確でない。

§4 まとめ

低気圧ホローカソード放電の陰極内の準安定原子密度の測定を光吸収法で行った。陰極は円筒形ステンレス製で内直径19.4mm、長さ150mmである。測定は陰極中心部の負グロープラズマについて行い、軸方向よりの測定の結果、放電電流に対する占有密度の変化を得た。気体はネオンとアルゴンの2種類について、それぞれの二つの準安定準位の占有密度を、気圧15~170Pa、放電電流10~210mAの範囲で測定した。

得られたホローカソード放電の電圧電流特性は、二つの気体での差はみられなかった。また準安定原子の占有密度の大きさ、電流依存性、気圧依存性なども、よく似た結果が得られた。占有密度の概略値は放電電流100mA付近で $1s_5$ が $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1s_3$ が $4 \sim 5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ であった。電流依存性は、小電流域で大きな占有密度から始まり30mAまでで急激に減少し、その後は電流の増加とともにゆるやかに減少していた。 $1s_5$ と $1s_3$ では $1s_3$ の方がより急激な減少傾向が見られた。気圧依存性はあまり明確ではなかった。

参考文献

- 1) 電気学会技術報告Ⅱ・215 (S61年4月)
- 2) 藤井寛一：応用物理 50 (10), 1073~1081 (1981)
- 3) 山崎勉：呉高専研究報告24-1 ; 67~76 (1988)
- 4) 山崎勉：呉高専研究報告24-2 ; 15~24 (1989)

- 5) 山崎勉, 原田一彦: 呉高専研究報告23-2, 27~40 (1988)
- 6) A. C. G. Michell, M. W. Zemansky, "Resonance Radiation and Excited Atoms", Cambridge Univ. Press (1951)
- 7) A. A. Radzig, B. M. Smirnov, "Reference Data on Atoms, Molecules, and Ions", Springer Verlag (1985) Berlin
- 8) 山崎勉: 呉高専研究報告19-2; 51~57 (1984), 20-1; 35~43 (1984)
- 9) F. J. deHoog, JR. McNeil, G. J. Collins, K. B. Persson, J. Appl. Phys. 48(9), 3701~3704(1977)
- 10) C. M. Ferreira, J. Loureiro, A. Richard; J. Appl. Phys. 57(1), 82~90(1985)
- 11) 畑中雅彦, 小林勝美, 西辻昭; 電学論A100 (6), 309~316 (1980)
I. I. Sobelman, L. A. Vainshteins, E. A. Yukov; "Excitations of Atoms and Broadening of Spectral Lines", Springer Verlag (1980) Berlin
- 12) 山崎勉: 呉高専研究報告20-2; 85~99 (1985)
- 13) Laurence Bigio; J. Appl. Phys. 63(11), 5259~5269(1988)

(平成元年4月15日受付)

Hg-Ar グロー放電陽光柱プラズマ内の励起原子密度の測定

(電気工学科) 山 崎 勉
(電気工学科) 原 田 一 彦

Measurement of the Population Densities of the Excited Atoms in the Positive Column Plasma of Hg-Ar Glow Discharge

Tsutomu YAMAZAKI
Kazuhiko HARADA

Population densities of lower lying excited states of mercury, 6^3P_0 , 6^3P_1 , and 6^3P_2 in the positive column plasma of low pressure mercury-argon discharge are measured using the optical absorption method. These excited atoms play an important role in the excitation mechanism of the fluorescent lamps.

Experiments were carried out with a narrow discharge tube of 13.7 mm in inner-diameter, which were recently utilized as a compact folded fluorescent lamp. Obtained results showed qualitatively good agreement with the prediction of two temperature model by Dakin et al. And it was found that the population densities of 6^3P_0 , 6^3P_1 , and 6^3P_2 were 7×10^9 , 1×10^{10} , and $6 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ respectively at 60 mA of the discharge current, and that when the wall temperature of the discharge tube were increased the population densities decreased to some extent.

§ 1 まえがき

蛍光灯は一般照明用として広く普及している。最近蛍光ランプに安定器や点灯回路も含め一体化した小型変形蛍光ランプが実用化され、蛍光ランプの取扱いが電球なみに手軽になり今後一層の需要が期待される。

蛍光ランプは低圧水銀グロー放電中に放射される紫外線を蛍光物質で可視光に変換し、管外に放射させるしくみになっている。実際の放電は水銀の他にアルゴンを封入することにより放電特性を制御して電源や器具の形状への適合化が図られている。ランプ特性の改善やきめ細かい制御を可能とするため、Hg-Ar グロー放電の理論的研究、特に励起機構のモデル化、とその実験的検証は不可欠である。

最近では励起機構の理論的解析が計算機モデルを中心に急速に展開され¹⁾、同時にレーザ等を利用した放電内部の諸量の計測²⁾が可能となり詳細モデルの検証が可能となってきた。その結果、近い将来には最適化された蛍光ランプの設計製造が容易となり、能率のよい目的に合った照明の実現が可

能となるものと考えられる。

本報告は小型変形蛍光ランプに用いられている小径の放電管中の水銀励起原子占有密度を光吸収法で測定した結果に関するものである。放電管径が小さくなると従来陽光柱に適用されてきたショットキーモデルからずれてくるため、既にある蛍光ランプモデルの修正の必要が出てくる。その検証には放電内諸量の測定は不可欠である。今回測定した励起準位は $6^3P_{2,1,0}$ の三つで、水銀放電の紫外線 253.7 nm の発光に重要な役割を果たしており、その挙動は放電励起機構にも大きな影響を与えている。

§ 2 実験方法と装置

励起原子密度の測定は同一放電を用いた光吸収法で行った^{3, 4)}。

二つの放電の一方を光源とし他方を被測定用の吸収管とする。それぞれを同一放電条件下単独で点灯している時の発光スペクトル線強度を I_S , I_A とし、両方同時に点灯している場合の発光を I_{S+A} とする。この時線吸収の割合 A_L と中心波長での吸収係数 k_0 との間には次の関係がある。

$$\frac{I_S + I_A - I_{S+A}}{I_S} = A_L(k_0L) = \frac{\int [1 - \exp(-k_0L \exp(-\omega^2))]^2 d\omega}{\int [1 - \exp(-k_0L \exp(-\omega^2))] d\omega}$$

ここで、放電プラズマは一様と考えその長さを L と仮定する。右辺の積分は対象とする線スペクトルの全エネルギーを求めるものである。一方、吸収係数は、発光スペクトルに対応する光学遷移の下準位密度 N_l との間に次の関係がある⁴⁾。

$$N_l = \sqrt{\frac{\pi k T_g}{M}} \frac{g_l}{g_u} \frac{8\pi}{\lambda_0^3 A_{ul}} \frac{k_0 L}{L}$$

ここで、ボルツマン定数 k 、励起原子温度 T_g 、原子質量 M である。また、発光スペクトル線の中心波長 λ_0 、およびその自然放射の遷移確率 A_{ul} 、遷移の上準位および下準位の統計重率 g_u , g_l である。ただし、スペクトル線はドップラー広がりによるものとした。

実験に使用した放電管は蛍光物質が塗布されていない殺菌灯 (GL-6) 二本を用い図1のように

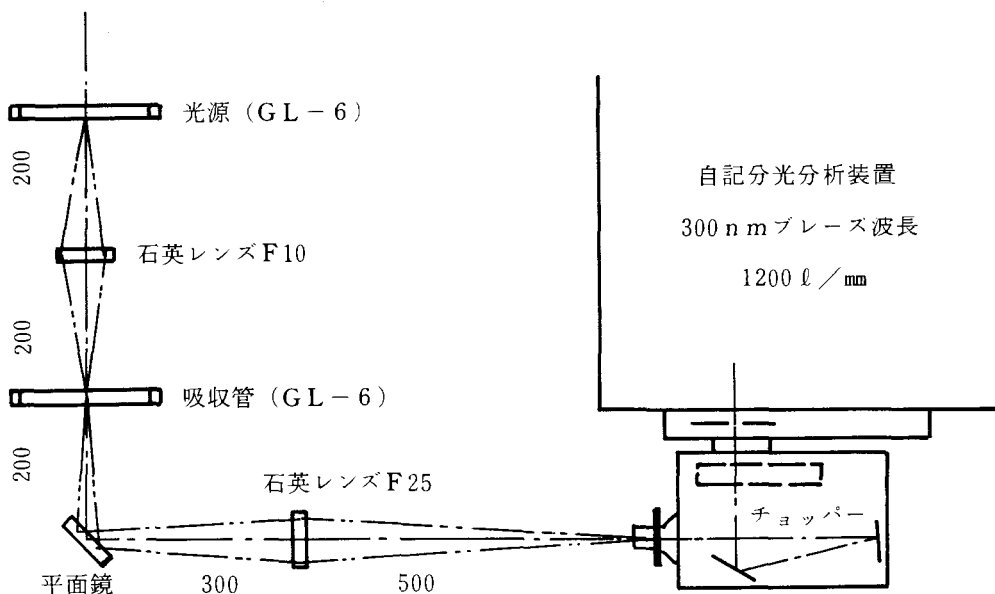


図1 実験装置の配置

配置し、それぞれ直流放電させ光源と吸収被測定用として用いた。そして、直管形の放電の軸に垂直な方向で測定するものとし、光源からの発光をレンズ（焦点距離10cm, 直径54mm）により1対1で吸収管中央部に結像させ、吸収されずに出てきた光と吸収管からの発光をレンズ（25cm, 54mm径）で自記分光分析装置⁵⁾の入射光学系入口部に1対1で結像させ光电測光法によりスペクトル分布を記録した。放電管の寸法は内直径13.7mm, フィラメント間約150mmであった。

スペクトル分布記録の条件は波長走査速度0.15 nm/min, 分光器スリット幅0.010mm高さ1mmとし、光電子増倍管はR292（浜松ホトニクス）である。記録されたスペクトル分布は装置幅で定まる三角形の分布を示していたため、各スペクトル線強度はその最大振幅で代表させ、吸収係数の算出を行った。（図2参照）

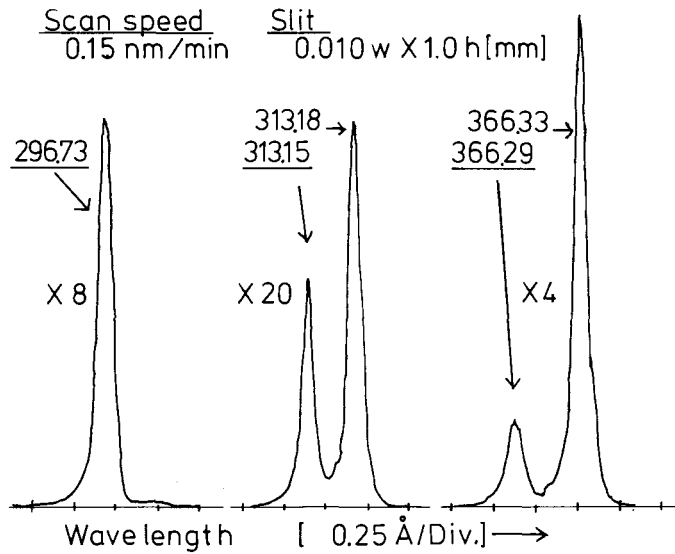


図2 6^3D_1 からの遷移による発光スペクトル分布

296.73 nm (6^3P_0), 313.15 nm (6^3P_1), 366.29 nm (6^3P_2) の各波長のうち、296.73以外は近接するスペクトル線が見られる。分解能は0.10Å程度は確保されている。

測定した水銀の励起準位は二つの準安定準位 6^3P_0 と 6^3P_2 および共鳴準位 6^3P_1 である。実験に用いた波長は同一の上準位 6^3D_1 からの遷移で、各下準位に対応して296.73, 366.29, 313.15 nmである。この時、密度の算出に必要な諸量を表1に示す。比較のため 7^3S_1 からの遷移の場合も示した⁶⁾。

表1 水銀励起準位 6^3P の各種定数

6^3P_0 準安定	上準位 6^3D_1	$g_l/g_u=3/1$	$A_{ul}=0.45 \times 10^8 \text{ S}^{-1}$	$\lambda_0=296.73 \text{ nm}$	$N_l=1.055 \text{ k}_0 \text{ L} \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$
6^3P_1 共鳴	"	$g_l/g_u=3/3$	$A_{ul}=0.70 \times 10^8 \text{ S}^{-1}$	$\lambda_0=313.15 \text{ nm}$	$N_l=1.731 \text{ k}_0 \text{ L} \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$
6^3P_2 準安定	"	$g_l/g_u=3/5$	$A_{ul}=0.083 \times 10^8 \text{ S}^{-1}$	$\lambda_0=366.29 \text{ nm}$	$N_l=1.520 \text{ k}_0 \text{ L} \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$
6^3P_0 準安定	上準位 7^3S_1	$g_l/g_u=3/1$	$A_{ul}=0.18 \times 10^8 \text{ S}^{-1}$	$\lambda_0=404.66 \text{ nm}$	$N_l=1.040 \text{ k}_0 \text{ L} \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$
6^3P_1 共鳴		$g_l/g_u=3/3$	$A_{ul}=0.40 \times 10^8 \text{ S}^{-1}$	$\lambda_0=435.83 \text{ nm}$	$N_l=1.124 \text{ k}_0 \text{ L} \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$
6^3P_2 準安定		$g_l/g_u=3/5$	$A_{ul}=0.56 \times 10^8 \text{ S}^{-1}$	$\lambda_0=546.07 \text{ nm}$	$N_l=6.800 \text{ k}_0 \text{ L} \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

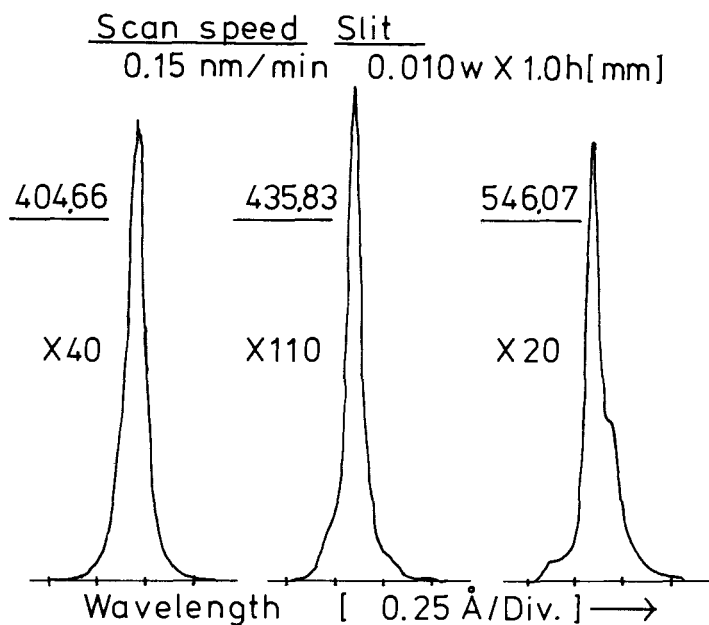


図3 7^3S_1 からの遷移による発光スペクトル分布
404.66 nm (6^3P_0)、435.83 nm (6^3P_1)、
546.07 nm (6^3P_2)の各波長の発光は 6^3D_1 の場合よりかなり強い。

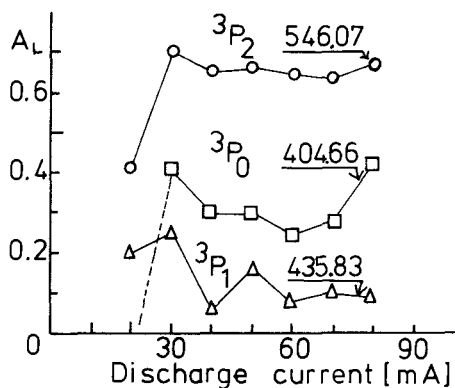


図4 線吸収量の割合 A_L 、435.83 nmを除くと A_L の値はかなり大きい。特に546.07 nmでは0.6以上と吸収法の測定には大きすぎる。

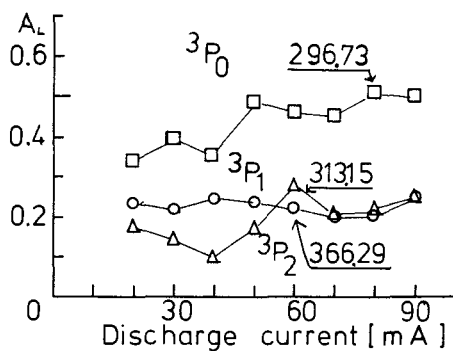


図5 線吸収の割合 A_L 、 7^3S_1 系の遷移を用いた場合(図4)に比べると、 A_L の値は小さくなっている。 6^3P_0 に関してはどちらの場合もほぼ同程度の吸収となった。

ただし $M=200.59 \text{ a.m.u.}$ 、 $T_g=330 \text{ K}$ 一定とした。

7^3S_1 からの遷移は435.83 nmを除くと吸収量がかなり大きいため測定原理上不適当と考えた³⁾。一方、 6^3D_1 からの各スペクトル線の近辺に近接して他のスペクトル線があり一部重なる域もあった。そのようすを図2に示す。放電電流60 mAの時の各スペクトル分布である。分解能の点から考え

ると十分分離可能で重なり部分は小さいと考えられたので無視して線吸収 A_L を算出した。なお参考までに 7^3S_1 系のスペクトル分布を図3に、各 7^3S_1 、 6^3D_1 での線吸収の割合 A_L の実験値を図4、図5に示す。

§ 3 結果とその検討

放電電流を20mAから80mAまで変化させた場合の各励起準位の占有密度の測定結果を図6に示す。放電電圧はほぼ50V一定であった。実験の再現性と雑音の影響を考え、数個の実験値の平均値で示してある。これによると共鳴準位 6^3P_1 が最も少なく、準安定準位では低い準位 6^3P_0 の方が少なくなっている。放電電流に対し、上側の準安定準位 6^3P_2 はほぼ一定の占有密度 $6 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ である。これに対し他の二つの準位は、放電電流の増加に対しその占有密度は増加している。蛍光ランプで最も重要とされる紫外線は共鳴準位から発せられる253.7nmの共鳴線で、この発光は放電電流とともに増加することがわかる。実測例を図6に示しておいた(ただしスリット幅0.009, 高さ1mm)。

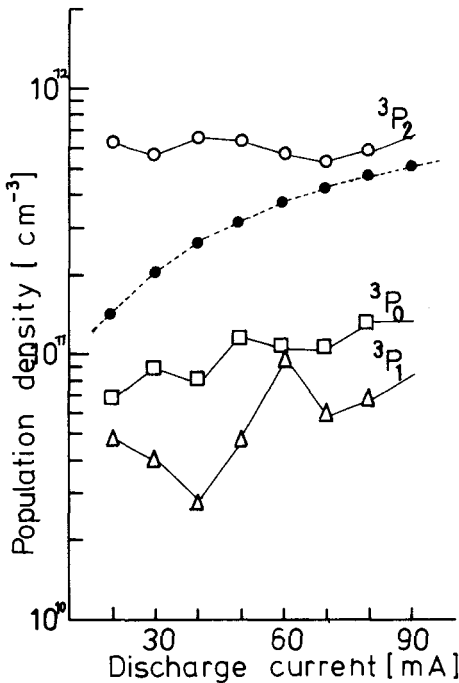


図6 励起準位 (3P_2 、 3P_0 準安定、 3P_1 共鳴) 占有密度と放電電流の関係。各電流値における共鳴線 (253.7nm) の発光強度 (黒ノリ) を示す。 3P_2 はほぼ一定で他の二準位は電流とともに増加している。

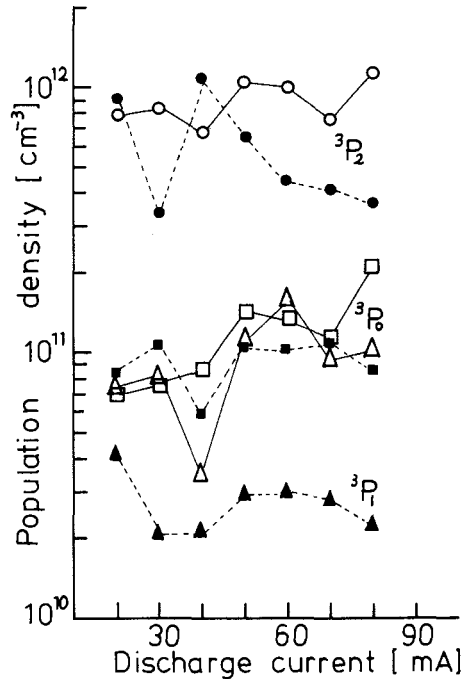


図7 励起準位占有密度と周囲温度との関係
黒ノリの点は室温24℃、他は17℃の場合。温度が高い場合密度が小さくなっている。

各励起準位への基底準位からの電子衝突断面積と比較すると⁷⁾、 3P_2 、 3P_1 、 3P_0 の順に衝突断面積は小さくなっている。一方、 3P_0 と 3P_1 は二つの準位間が接近しているため、熱電子の衝突による共鳴準位への励起とそれに続く共鳴線の放射となり易い。また励起原子間の衝突も活発なため⁸⁾、 3P_1 と 3P_0 の衝突による過程の重要性が指摘されるとともに、 3P_0 と基底準位との衝突による脱励起も生じやすいため、このような占有密度の値になったものと考えられる。

さて、測定結果を最近行われた Dakin 氏らの二温度モデルによる計算結果¹⁾と比較すると、定性的に一致し、定量的にもよい結果が得られている。また、測定の絶対値においても Bigio 氏⁹⁾らの測定値とよく近似している。

次に放電管の周囲温度の影響について考えてみる。図7に室温が17℃前後で管壁温度30℃以下の場合と、室温24℃、管壁温度30℃以上の場合について示す。実験データ数が少ないため測定点が分散している。室温が高い場合(黒ヌリ)、各占有密度は低い場合に比べ小さくなっている。特に、 3P_2 と 3P_1 では明確に現われている。この結果は蛍光ランプの光束が温度により変化する事を定性的に説明している¹⁰⁾。

§4 まとめ

Hg-Ar グロー放電陽光柱プラズマ内の水銀の三つの励起準位(6^3P_0 , 6^3P_1 , 6^3P_2)の占有密度の測定を光吸収法により行った。これらの励起原子は、蛍光ランプの動作特性の決定に重要な役割を果している。

今回は、最近実用化された小型変形蛍光ランプに用いられている直径の小さい放電管について、放電電流と占有密度の関係を明らかにした。その結果は Dakin 氏の提案した二温度モデルによる計算値と定性的に一致していた。また周囲温度の影響が占有密度にも現われる事が確かめられた。

しかし、各測定値の導出に用いた多くの仮定のため定量的な一致は得られなかった。この点に関する吟味と実用的な蛍光ランプにおける上記結果の確認は今後の課題となった。

参考文献

- 1) J. T. Dakin: J. Appl. Phys. 60(2) 563~570(1986)
- 2) L. Bigio: J. Appl. Phys. 63(11) 5259~5269(1988)
- 3) A. C. G. Michell, M. W. Zemansky: "Resonance Radiation and Excited Atoms", Cambridge Univ. Press, 1934
- 4) 山崎勉: 呉高専研究報告 24-1, 67~76 (1988)
- 5) 山崎勉, 原田一彦: 呉高専研究報告 23-2, 27~40 (1988)
- 6) A. A. Radzig, B. M. Smirnov: "Reference Data on Atoms, Molecules, and Ions", Springer-Verlag, 1985
- 7) Avon Engel, 山本, 奥田訳「電離気体」コロナ社, 昭和52年
- 8) K. Wani: J. Appl. Phys. 63(12) 5683~5687(1988)
- 9) L. Bigio, J. T. Dakin: J. Appl. Phys. 65(1) 375~378(1989)
- 10) 原田一彦, 山崎勉: 呉高専研究報告 24-2, 11~13 (1989)

(平成元年4月15日受付)

A PREDICTION METHOD OF PROBABILITY DISTRIBUTION FOR NON-STATIONARY ROAD TRAFFIC NOISE CONTROLLED BY TRAFFIC SIGNALS

Y. Kato

(Maritime Safety Academy)

S. Yamaguchi

SUMMARY

A new prediction method of level probability distribution for road traffic noise controlled by traffic signals is theoretically proposed, paying attention to the periodicity of its fluctuation pattern and experimentally confirmed its validity by applying it to actual data. Furthermore, the prediction method is developed into a practical and simple one using noise level data in only several signal period times. Throughout the experiment validity and usefulness is confirmed, and it is proved that the estimation error for the probability distribution is noticeable if the noise level fluctuation is assumed stationary. In order to reduce this error the non-stationary property of noise level fluctuation caused by the temporal change of statistics should be considered.

1. INTRODUCTION

As is generally known, there have been many statistical studies in respect to road traffic noise and the results of these studies have been compiled [1-4]. However, it seems that most of them have only dealt with the problem of stationary traffic flow which obeys the particular head way distribution, such as an equally spaced distribution, an exponential distribution and so on, not the problem of non-stationary traffic flow. On the other hand, actual road traffic noise usually shows non-stationary fluctuation patterns caused by changes of traffic flow at every moment.

From the above point of view, we consider the estimation problem for the noise level probability distribution where the traffic flow is periodically controlled by traffic signals as is commonly seen. Concretely, on the basis of observatin of non-stationary noise level fluctuation in Hiroshima City, we first theoretically derive its probability distribution function in the form of an expansion series expressin, by paying our special attention to the periodic change of noise level statistics. Next we experimentally confirm the validity of our proposed theory by applying it to actual non-stationary road traffic noise data. Furthermore, on the basis of the theoretical and experimental results we develop our proposed method into a simple and practical one and show its effectiveness and usefulness by applying it to actual data observed not only in Hiroshima City but also in Kure City. Throughout the experiment, it is proved that the estimation error for the probability distribution is noticeable if the noise level fluctuation is assumed stationary, and the non-stationary property of noise level fluctuation caused by the temporal change of statistics should be considered in order to reduce this error.

2. MODELING AND THEORETICAL CONSIDERATION

First of all, we observed the road traffic noise level fluctuation for several hours at the point shown in Fig. 1 in order to recognize what fluctuation the road traffic noise level presented in the area

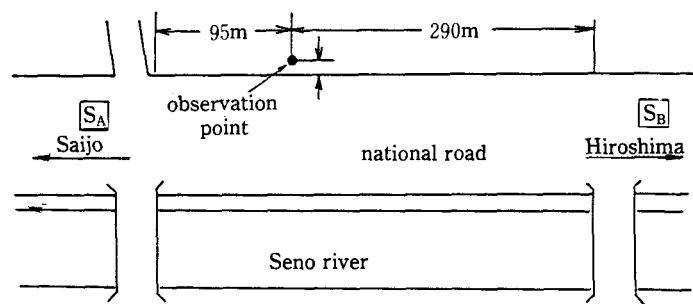


Figure 1 The experimental situation for observing actual road traffic noise.

obtained the information that the noise level presented was the distinctive fluctuation according to the signal turns of S_A . Thus, we show the scatter diagram in Fig. 2 which consist of $N(=46)$ data set (sampling time: one second). The solid line in this figure shows the mean value fluctuation

around the traffic signals. In Fig. 1, S_A and S_B are traffic signals that had the same period time $T(=189 \text{ sec})$ which was from a red signal to the red signal for instance, and which controlled the traffic flow of the front side of the observation point and of the opposite side of it respectively. From the observation we

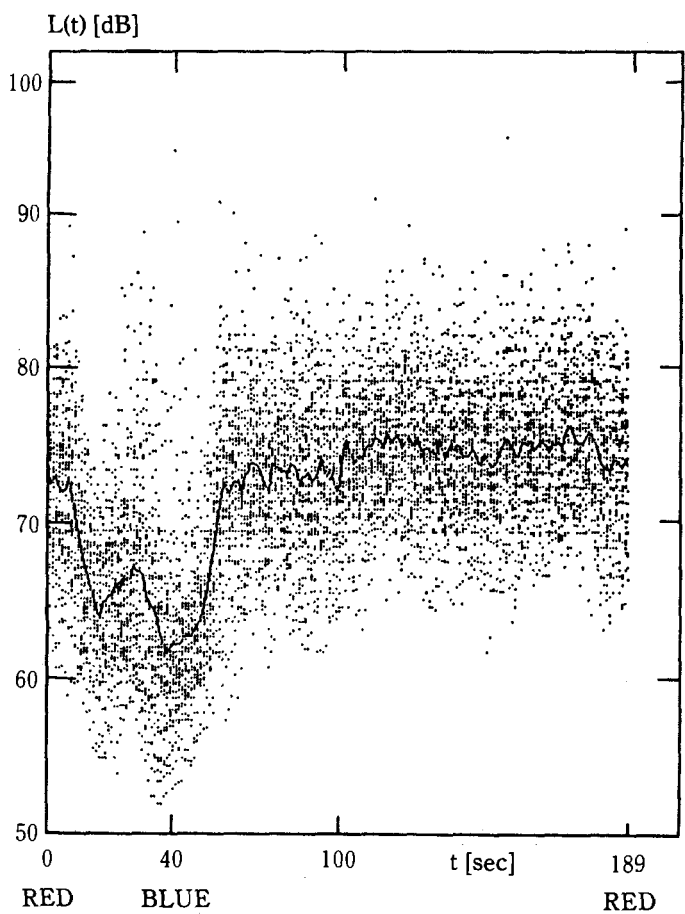


Figure 2 A scatter diagram and change of mean value.

pattern of N sample paths.

One sample path of noise level fluctuation observed in the time interval T is shown in Fig. 3. It can be presumed from the situation in Fig. 2 that the noise level goes down after about a 10 second delay of the red turn in S_A , and presents a small peak caused by the car entering from a side road to the main one, and rises up after the blue turn in S_A

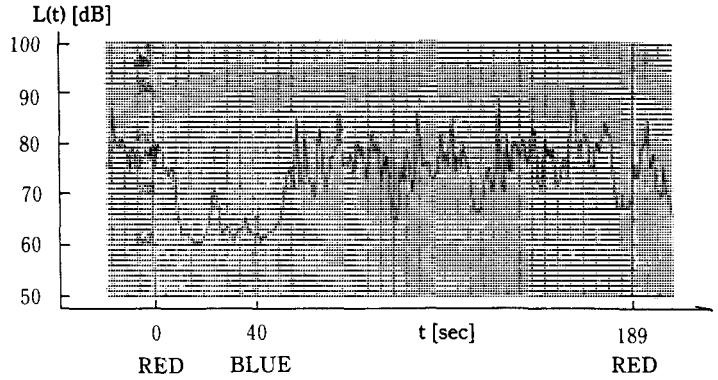


Figure 3 A sample path of random noise fluctuation.

Now our main purpose of this section is to derive an explicit expression for the probability distribution function of the noise level fluctuation throughout the time interval $[0, T]$ from which one can easily obtain the noise index such as Leq , $L_a(\alpha = 5, 10, 50, \dots)$ and so on. The probability density function (p. d. f.), $p(L)$, can be obtained by introducing the conditional p. d. f., $p(L | t)$, and the p. d. f. for the random observation time point t , $p(t)$, as follows:

$$p(L) = \int_0^T p(L, t) dt = \int_0^T p(L | t) p(t) dt, \quad p(t) = \frac{1}{T}. \quad (1)$$

Moreover, it can be found that the scatter of sample values in Fig. 2 is symmetrical with respect to the mean value changing with time and the standard deviation of them is nearly equal at any time. Thus we can employ the Gaussian distribution function as the first approximation of $p(L | t)$ as follows:

$$p(L | t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(L - \mu(t))^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (\triangleq N(L; \mu(t), \sigma^2)). \quad (2)$$

Furthermore, by paying attention to the periodicity of mean value fluctuation pattern $\mu(t)$, we can introduce the Fourier expansion series expression as follows:

$$\mu(t) = \mu_0 + \sum_{n=1}^N \left(a_n \cos \frac{2\pi}{T} nt + b_n \sin \frac{2\pi}{T} nt \right) \triangleq \mu_0 + \mu_1(t). \quad (3)$$

Then, by use of the change in the exponent part of equation (2):

$$\exp\left\{-\frac{(L - \mu_0 - \mu_1(t))^2}{2\sigma^2}\right\} = \exp\left\{-\frac{(L - \mu_0)^2}{2\sigma^2}\right\} \cdot \exp\left\{\frac{L - \mu_0}{\sigma} \cdot \frac{\mu_1(t)}{\sigma} - \frac{1}{2} \left(\frac{\mu_1(t)}{\sigma}\right)^2\right\}, \quad (4)$$

and of the well-known generating function with respect to Hermite polynomials:

$$\exp\left\{\xi x - \frac{1}{2} \xi^2\right\} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\xi^m}{m!} H_m(x), \quad (5)$$

equation (1) can be immediately rewritten as follows [5]:

$$p(L) = N(L; \mu_0, \sigma^2) \left\{ 1 + \sum_{m=1}^{\infty} A_m H_m\left(\frac{L - \mu_0}{\sigma}\right) \right\}, \quad (6)$$

where

$$A_m \triangleq \frac{1}{m! \sigma^m} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T (\mu(t) - \mu_0)^m dt. \quad (7)$$

Here, one can find out that the p. d. f. for the noise level fluctuation with any periodic mean value fluctuation pattern can be given in the statistical series expansion form. The first term in the above probability density expression is the p. d. f. for stationary noise level fluctuation and the effects of non-stationary property caused by traffic signals on the noise level probability distribution form are concretely reflected in the each expansion coefficient A_m ($m=1, 2, \dots$).

3. EXPERIMENTAL CONFIRMATION

Needless to say, in order to estimate concretely the noise level probability distribution form, it is first necessary to estimate σ^2 and $\mu(t)$ (more concretely, μ_0 , M , a_n , b_n ($n=1, 2, \dots, M$)). We adopted the well-known Akaike Information Criterion (AIC) method [6] to determine the number of term M (cf. equation (3)). The calculated values of AIC for each M are shown in Fig. 4. From this figure, the number of term M was estimated to be 19 and the

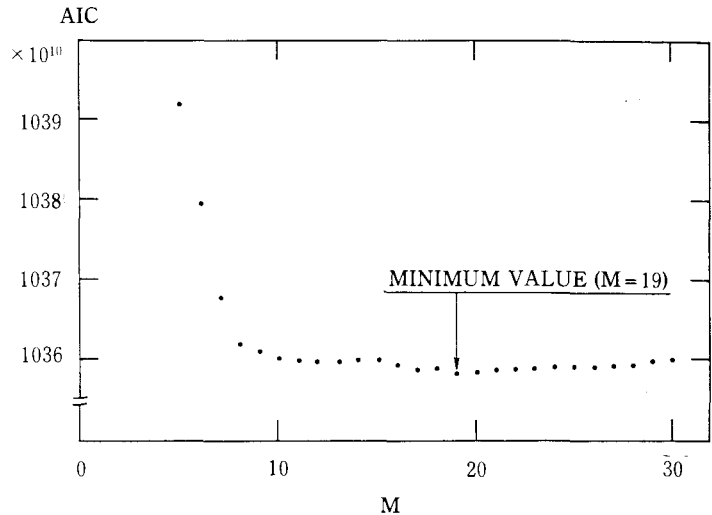


Figure 4 The value of AIC for number of expansion term (cf. equation (3)).

other parameters such as σ^2 , μ_0 , a_n , b_n ($n=1, 2, \dots, M$) have been already estimated by algorithm of AIC calculation. Figure 5 shows a comparison between the estimated value and the experimental values for mean value fluctuation $\mu(t)$. One can find a good agreement between the theory and the experiment. The expansion coefficients A_m ($m=1, 2, 3, 4$) obtained from equation (7) are given as follows:

$$\hat{\sigma}^2 = 21.2, \quad \hat{\mu}_0 = 72.5, \quad \hat{A}_1 = 0.0, \quad \hat{A}_2 = 0.441, \quad \hat{A}_3 = -0.166, \quad \hat{A}_4 = 0.095. \quad (8)$$

To prove the validity of our proposed method we show the comparison between the theoretically estimated curves and experimental values for the cumulative probability distribution $Q(L)$ ($\triangleq \int_{-\infty}^L p(L) dL$). The experimental result is shown in Fig. 6. Here let us define an expansion expression extending from the first term to a term with coefficient A_m , in equation (6), as the m -th approximation of $Q(L)$. In this figure, special attention should be paid to the following facts: there is noticeable estimation error in the first term ($m=0$) corresponding to the stationary noise level fluctuation (cf. equation (6)). The greater the fluctuating region of $\mu(t)$ depending on the condition of traffic flow, the greater the estimation error is for the noise level distribution. Accordingly, it would indicate that the serious consideration for temporal change of $\mu(t)$ should be taken into the process of statistical analysis.

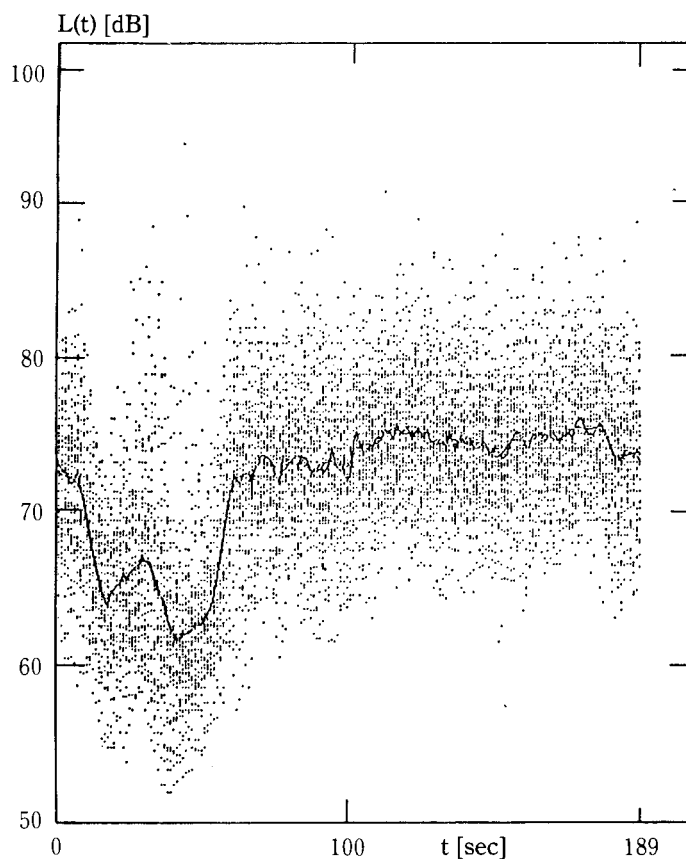


Figure 5 A comparison between experimental value and estimation curve by use of AIC method for $\mu(t)$.

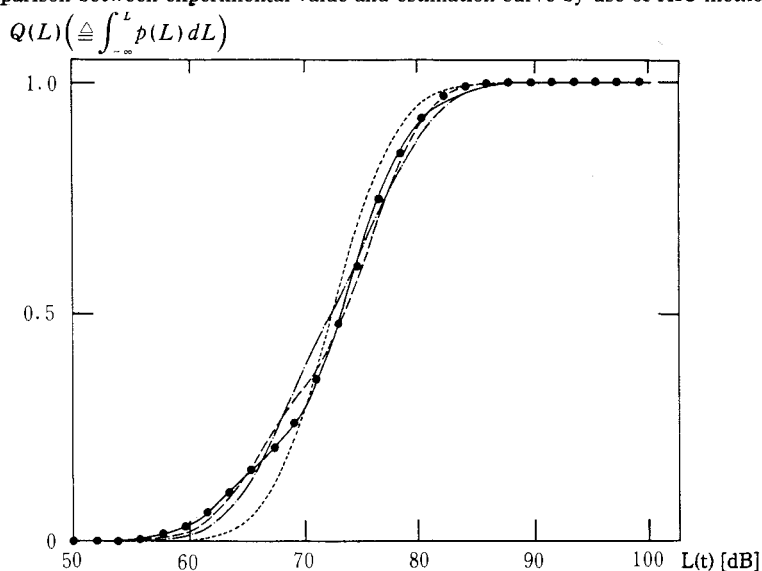


Figure 6 A comparison between theoretically estimated curves and experimental sampled values for noise level probability distribution. Experimental sample values are marked by [●], and theoretical curves are shown with the degree of approximation m [$m=0$:first term (.....), $m=2$ (---), $m=3$ (— · —), and $m=4$ (——), cf. equations (6) and (8)].

4. PRACTICAL METHOD

In the practical estimation procedure, the following point must be noticed. That is, for the purpose of determining A_m ($m=1, 2, \dots$) it is not necessary to know the accurate fluctuation time pattern of $\mu(t)$ itself but is quite enough to obtain only a whole value of a definite integral $\int_0^T (\mu(t) - \mu_0)^m dt$. That is, the values of expansion coefficient A_m are not influenced sensitively by the instantaneous

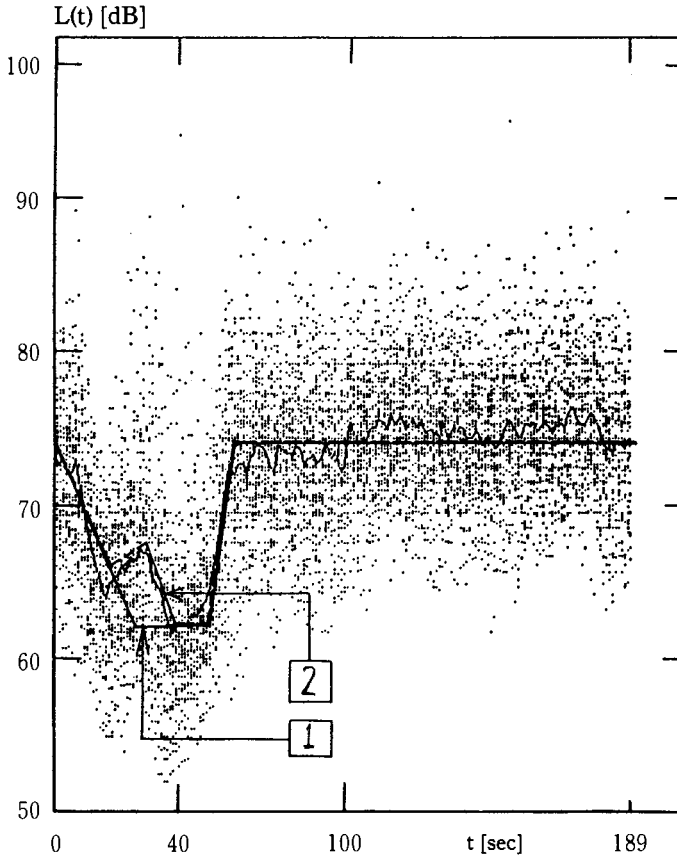


Figure 7 Simplified time patterns for mean value fluctuation.

wave form itself of $\mu(t)$, owing to the above smoothing operation effect. Thus, the noise level probability distribution form is not influenced sensitively by the instantaneous wave form of $\mu(t)$. Based on this fundamental viewpoint, it can be found the reason why $\mu(t)$ can be extremely simplified. Here, we consider two simplifying methods of approximation of $\mu(t)$ like the pattern [1] and [2] shown in Fig. 7. Parameters in the case of the pattern [1] and [2] are as follows respectively:

$$\hat{\sigma}^2 = 24.8, \hat{\mu}_0 = 71.9, \hat{A}_1 = 0.0, \hat{A}_2 = 0.426, \hat{A}_3 = -0.187, \hat{A}_4 = 0.100. \quad (9)$$

$$\hat{\sigma}^2 = 21.1, \hat{\mu}_0 = 72.5, \hat{A}_1 = 0.0, \hat{A}_2 = 0.411, \hat{A}_3 = -0.166, \hat{A}_4 = 0.095. \quad (10)$$

Figures 8 and 9 show respectively the results of estimation with the pattern [1] and [2]. The theoretically estimated curves roughly gain experimentally sampled values not only in the case of the

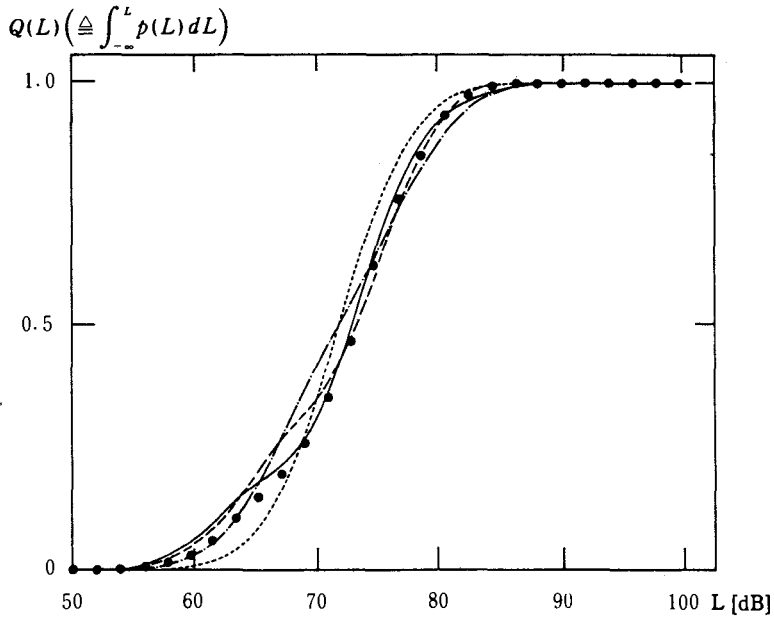


Figure 8 A comparison between theoretically estimated curves and experimental sampled values for noise level probability distribution. Experimental sample values are marked by [●], and theoretical curves are shown with the degree of approximation m [$m=0$:first term (.....), $m=2$ (---), $m=3$ (— · —), and $m=4$ (—)], cf. equations (6) and (9)].

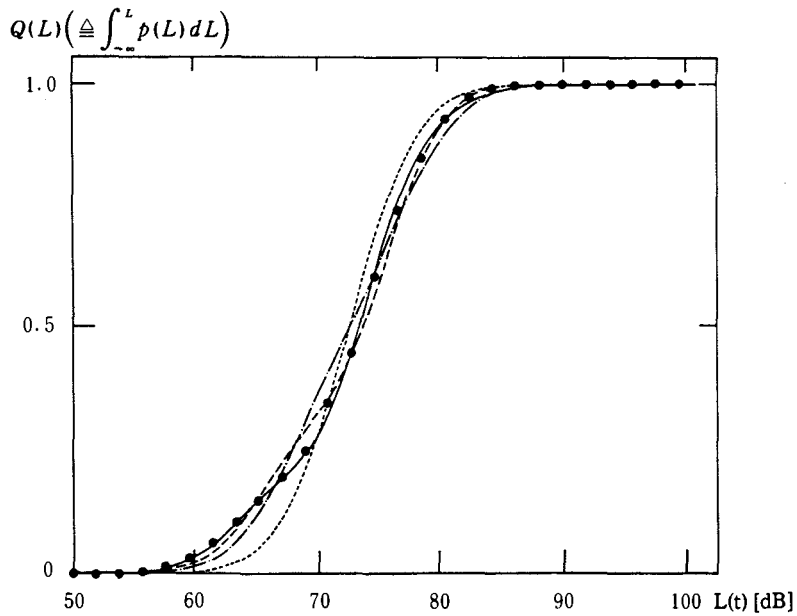


Figure 9 A comparison between theoretically estimated curves and experimental sampled values for noise level probability distribution. Experimental sample values are marked by [●], and theoretical curves are shown with the degree of approximation m [$m=0$:first term (.....), $m=2$ (---), $m=3$ (— · —), and $m=4$ (—)], cf. equations (6) and (10)].

approximated pattern [2] but in the case of the fairly bold approximated pattern [1]. These experimental results prove the prospects to be able to boldly approximate $\mu(t)$.

In the above considerations, however, the total data of 46 have been used to estimate the noise probability distribution. Therefore, it is somewhat ineffective for practical use. At this stage, we propose one of the simple and practical method which use the noise level data measured in only one signal period time.

Figure 10 shows one sample path chosen randomly from 46 data. In this figure, the simplified time pattern for $\mu(t)$ is also shown. We predict $p(L)$ using parameters obtained from the above simplified time pattern. Figure 11 shows the comparison between theoretically predicted curves and the experimental sample values for $Q(L)$. Furthermore, we performed

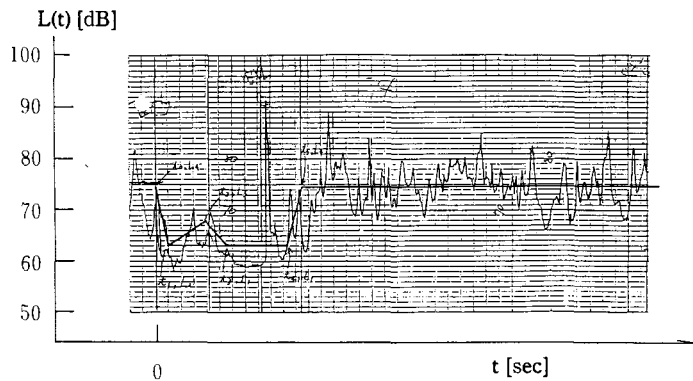


Figure 10 A simplified time pattern for $\mu(t)$ determined from one sample path of random noise fluctuation.

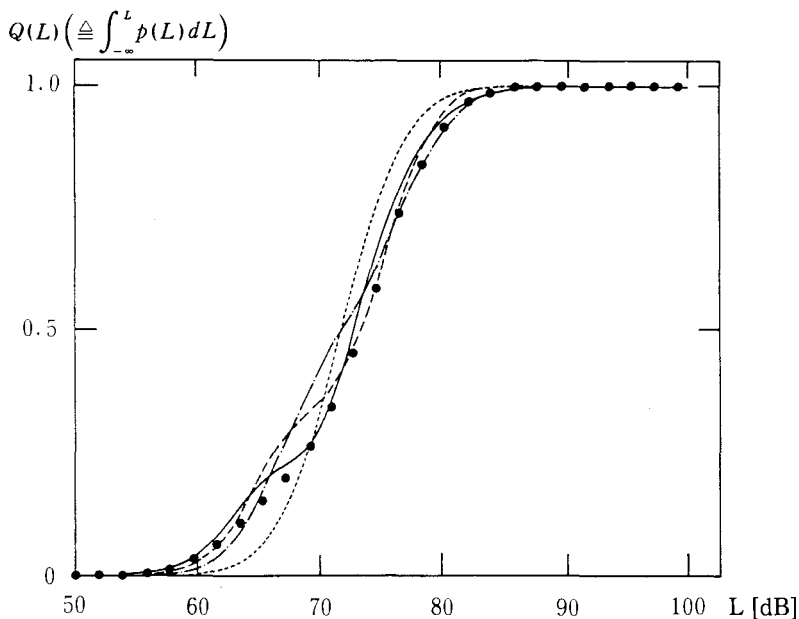


Figure 11 A comparison between theoretically estimated curves and experimental sampled values for noise level probability distribution. Experimental sample values are marked by [●], and theoretical curves are shown with the degree of approximation m [$m=0$:first term (·····), $m=2$ (---), $m=3$ (-·-·-), and $m=4$ (—)], cf. equations (6); $\sigma^2=18.3$, $\mu_0=71.7$, $A_1=0.0$, $A_2=0.551$, $A_3=-0.220$, $A_4=0.125$].

the same experiment at another place (in Kure City) in order to prove that our proposed method was useful. The experimental result is shown in Fig. 12. It is proved from these figures that there is noticeable estimation error in the first expansion term (corresponding to the stationary noise level fluctuation), but the estimation error gradually decreases with the aid of expansion terms. At least, we recommend to use several sample paths within certain practical limits in order to stabilize the simplified time pattern of $\mu(t)$ though we only used one sample path as the most practical case in this section.

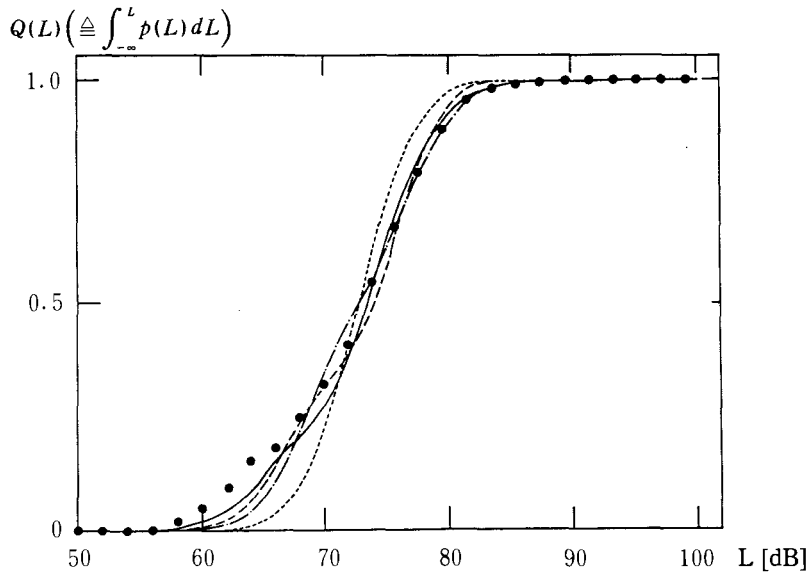


Figure 12 A comparison between theoretically estimated curves and experimental sampled values for noise level probability distribution. Experimental sample values are marked by (●), and theoretical curves are shown with the degree of approximation m [$m=0$:first term (·····), $m=2$ (---), $m=3$ (— · —), and $m=4$ (——)], cf. equations (6); $\sigma^2=14.7$, $\mu_0=72.5$, $A_1=0.0$, $A_2=0.515$, $A_3=-0.220$, $A_4=0.102$].

5. CONCLUSIONS

In this paper, we have considered the estimation and/or prediction problem of probability distribution of non-stationary road traffic noise controlled by traffic signals. Concretely, we theoretically considered a statistical treatment for the noise level distribution function by paying attention to the periodicity of noise level fluctuation. Next, we applied our proposed method to actually observed data to confirm experimentally the validity of theory. From the above result, we found that the estimation error for the probability distribution is noticeable if the noise level fluctuation is assumed stationary. In order to reduce this error the temporal change of noise level statistics (temporal change of mean value as the first approximation) causing non-stationary property should be considered in construction of probability distribution. It was possible to simplify the time pattern.

On the basis of the above fundamental consideration, we proposed a simple and practical method to predict the noise level distribution by use of only one or several sample paths on noise level fluctuation. We applied this method to the actually observed noise level data.

The important subjects for future studies are left as follows:

1. Considering the periodic fluctuation patterns of higher moments.
2. Developing into a prediction method based on the non-stationary traffic flow of vehicles originally generating road traffic noise.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our cordial thanks to Mr. M. Kanao and Mr. S. Kitazuka for their valuable assistance.

REFERENCES

1. H. SHOJI, T. YAMAMOTO and T. NAKAMURA 1963 Journal of Acoustical Society of Japan **19**, 97-105. Investigation on street noise due to traffic transportation. Rep. 1 (in Japanese).
2. U. J. KURZE 1971 Journal of Sound and Vibration **18**, 171-195. Statistics of road traffic noise.
3. K. TAKAGI, K. HIRAMATSU, T. YAMAMOTO and K. HASHIMOTO 1974 Journal of Sound and Vibration **36**, 417-431. Investigation on road traffic noise based on an exponentially distributed vehicles mode - single line flow of vehicles with same acoustic power.
4. M. OHTA, S. YAMAGUCHI and A. IKUTA 1980 Journal of Sound and Vibration **69**, 275-283. Statistical estimation of road traffic noise in an arbitrary sound propagation environment by use of Stratonovich's theory for a random points system.
5. M. OHTA 1971 Transactions of the Institute of Electronics and Communication of Japan **53**-C (10) 885-892. A unified study on the non-stationary property of Gaussian random process and its digital simulation (in Japanese).
6. H. AKAIKE 1974 IEEE Transactions of Automatic Control **AC-19** 716-723. A new look at the statistical model identification.

(Received April 15, 1989)

高専図書館の情報システム化について(I)

ーシステムの基本設計と初期導入システムー

(電気工学科) 鈴 村 信 也

Library Automation at Kure National College of Technology (1) —Developing Information Concepts and Prototype of Systems—

Nobuya SUZUMURA

Recently years, office automation is progressing rapidly in every variety of applications. Particularly, a library is a section that have the most remarkable effect. We have investigated library automation at Kure National College of Technology, and developed "An Information System for Library". This paper reports investigations in advance of development, basic concepts and design for the system, and details of a prototypical system that consists of inspection and equipment works mainly. The prototype have operated since April 1988. As a result, inspection and equipment works became speedily and economy.

1. まえがき

近年の半導体技術及び情報処理技術の急激な進歩に伴い、電子計算機は我々の身近なものとなり、社会生活のあらゆる分野で急速に浸透しつつある。図書館の側面から見ても、各地の大学図書館において、図書館業務の電算化が進められてきており^{1) - 5)}、昭和61年4月には、「学術情報センター」が発足し、全国の大学図書館、研究所等をオンラインで結ぶ、全国規模の学術情報システム⁶⁾がスタートしている。

このような新しい時代の波を受けて、本校図書委員会においても、昭和60年12月に、図書業務電算化計画を提案し、図書館に関わる総ての情報を統合的に処理する「図書館情報システム」の開発を進めてきた。この図書館情報システムの主な目的を列举すると、次のとおりである。

- (1) 図書及び雑誌の発注・受入・整理業務を自動化し、事務処理の迅速化、省力化を計る。
- (2) 図書原簿をファイル化し、蔵書管理を容易にする。
- (3) 貸出・返却等の閲覧業務の迅速化、省力化を計る。
- (4) 各種統計処理を行ない、学生の読書指導、図書購入計画に供する。

このような目的を達成するための種々の検討を重ねた結果、先ず、システムの全体像を明確にした後、全体と部分との整合を常に検討しながら、部分に相当するサブシステムを段階を追って開発し、最後に、これらサブシステムを有機的に統合して、全体の統合システムとすることにした。また、な

るべく早くシステムの利用を開始できるように、統合システムの一部である装備業務と閲覧業務を中心とした初期導入システムの開発を先行させた。その結果、昭和63年4月より、初期導入システムによる開架図書に対する貸出・返却のサービスが開始されている。

本稿では、図書館情報システムの全体像を明確にするために行なった設計における基礎的検討、及び、装備業務と閲覧業務を中心とした初期導入システムの詳細について報告する。

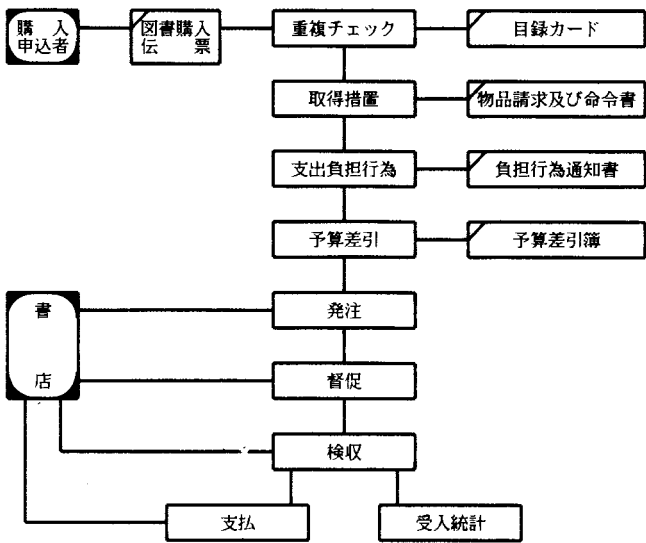


図 1. (a) 発注業務の流れ図

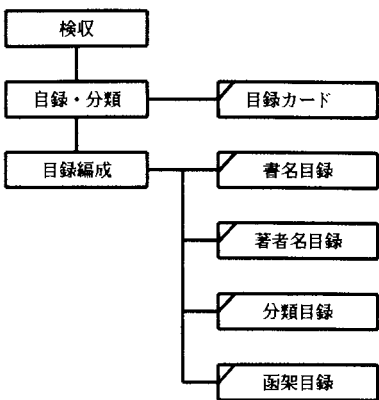


図 1. (b) 目録業務の流れ図

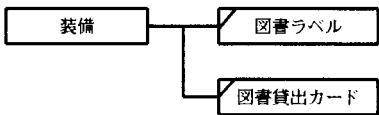


図 1. (c) 装備業務の流れ図

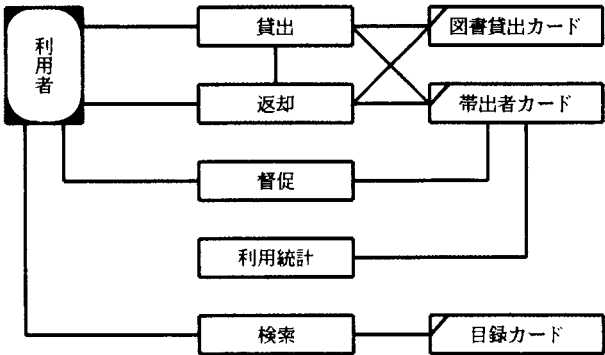


図 1. (d) 閲覧業務の流れ図

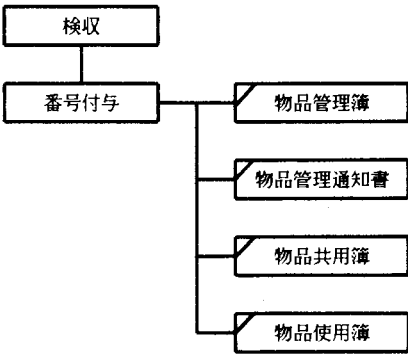


図 1. (e) 管理業務の流れ図

2. システムの基本設計

システムの設計に当り、先ず、情報システム化の事前検討として、図書館における業務を分析し、情報システム化における留意点を考察し、システム設計の指針を整理した。次に、システムの支援する範囲を決定し、システムの基本的な設計を行ない、システムの全体像を明確にした。

2.1 業務分析⁷⁾

図書館の運営業務は、情報の効果的なサービスを助けるためにあり、本校の図書館では以下の7つの業務に分類できる。

- (1) 発注業務…資料の選択を受けて、具体的に収集の事務をとりはこぶ一連の業務。即ち、図書費の執行、注文と検収、価格の評価など発注・受入業務の分野に関する全般的、共通的な諸手続きである。
- (2) 目録業務…図書館資料を体系的に整理して、利用者が容易に検索できるようにする業務。この業務は、分類と目録に分かれる。分類は図書を主題別に区分して請求記号を付与する業務であり、目録は書名、著者名等の書誌事項を目録カードに記入し、書名目録、著者名目録、分類目録、函架目録を作成する業務である。
- (3) 装備業務…図書館資料が閲覧に供される以前に、その管理運用に便利のように物的処理を施す業務。つまり、図書ラベル等の装備、図書貸出カードの作成である。
- (4) 閲覧業務…図書館資料を利用者に提供する業務。主な業務は、貸出、返却、督促、統計、検索の5つである。
- (5) 図書管理業務…図書館資料の管理、維持、保存をする業務。
- (6) 各種文書作成業務…定型文書をワープロにて処理する業務。
- (7) 文献複写業務…対外機関に文献の複写を依頼する業務。

発注、目録、装備、閲覧、管理の各業務について、その処理の流れの概要を図1の(a)から(e)に図示する。

2.2 図書館の情報システム化における留意点

ここで、高専図書館を情報システム化するに当り、留意すべき点を考察する。

(1) 図書館業務の複雑さ

図書館の業務は、選書、発注の段階から目録の作成、更に所蔵資料の検索手段の提供に至るまで多岐にわたり、それに加えて会計業務に関連する事項をはじめとして各種の帳票整備をも必要とする。

(2) 図書資料の一元的管理の要請

高専図書館においては、研究費で購入する図書に関する業務もすべて図書館で行なうことになっており、校内において受け入れるすべての図書資料を図書館で一元的に管理するという要請に基づいている。言うまでもなく、この管理は物理的対象としての資料の保管のみを意味するものではなく、資料に関する情報を一元的に集約すると同時に学校全体として最適な利用を実現することを意図している。

(3) 閲覧業務の円滑化の要請

図書館の資料が適切かつ有効に利用されるためには、閲覧業務の円滑化が図られなければならないことは当然であるが、それは貸出返却というプロセスに限られない。貸出者、貸出されているタイトル、貸出期限等の基礎的条件を整備する必要がある。

(4) 資料の種別

資料の種別に着目すると、単行書形式のものと逐次刊行形式のものとは、発注、受入の段階から

処理の形式が異なる。従って、これら兩種に関わるシステムの設計は当然異なったものとなる。

2.3 設計指針

高専図書館の業務内容についての分析を行ない、情報システム化における留意点を考察したが、上述のように、図書館の業務は複雑な要素が複雑に関連しあった状態の中で遂行されており、従来のようなマニュアル処理に依存するやり方では、多大の時間を要し、業務内容に統一性、一貫性を欠く恐れが生じ、また、業務の効率的運用の実現が困難となる。このために、各地の図書館で業務の情報システム化が促進されてきたといえる。

このような考察を念頭に置き、システムの開発に当ってはシステムの全体像を先ず明確にし、全体と部分との整合を常に検討しながら部分に相当するサブシステムを段階を追って開発することとし、開発が終ったものから実際の業務として稼働し得るように配慮した。

また、情報の一元化の要請から、不要なデータの重複を極力避けること、及び、1種類のデータは1回の入力に止めることを基本原則とした。

更に、本システムのようなOAシステムでは、「ユーザの立場で使い易いシステム」であることが必要である。このような観点から、システムの開発にあたり、以下の項目に留意した。

- (1) 単純な操作性。
- (2) マニュアルがなくても操作可能である（マニュアルレス設計）。
- (3) 直感的に操作可能な視覚性（視覚化）。
- (4) ユーザの要請を可能な限り取り入れる（ユーザオリエント設計）。

これらの留意点に対処するよう、開発において、次のような具体策を取った。

(1) 処理プログラムの階層的なメニュー構成

各処理を階層的にメニュー構成し、希望する処理までは、メニュー促進画面で番号選択で到達できるようにした。また、メニューの階層構造もユーザと協議の上、操作し易いように分類した。

(2) 画一的な項目のコード化

処理画面では、画一的な項目をコード化し、入力時にはコードのメニューを表示して、番号選択で入力できるようにした。

(3) 処理画面の工夫

処理画面の構成を、ユーザとの協議を進め、直感的に分かり易い画面となるようにした。また、複雑な処理ではヘルプ画面を用意し、マニュアルの参照を不要にした。

2.4 システム設計

業務分析で分類した7つの業務の内、(1)～(5)の各業務を本システムの当面の対象範囲とした。また、それぞれの作業をまとめた1つのサブシステムとしてとらえ、5つのサブシステムを統合したものを図書館情報システムとする。また、最初に単行書形式のものについてのみを対象とし、次の段階で、逐次刊行形式を対象とするサブシステムと統合することにした。本稿では、単行書形式のみをシステムの対象として考えている。

ここで、使用したハードウェア構成、及び上記考察に基づいて設計したシステム構成の概要について述べる。

2.4.1 ハードウェア構成

図2は、昭和62年に本校に導入された事務用電子計算機システムのハードウェア構成の内、図書館情報システムに関連のある構成要素のみを示した概略図である。

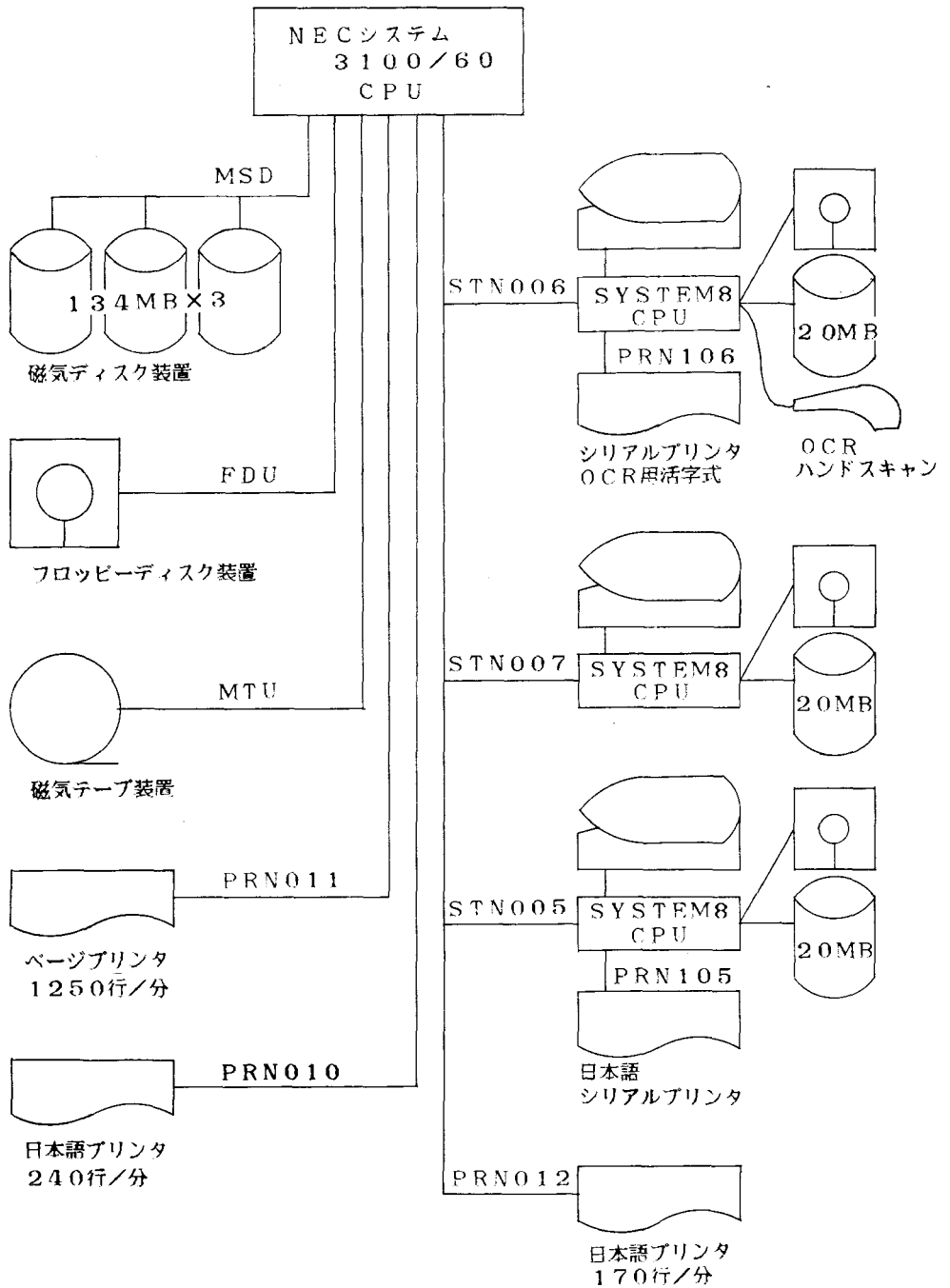


図2 ハードウェア構成図

主な構成要素は、NECシステム3100/60CPU、プログラムとデータを格納する磁気ディスク装置(1ボリューム使用)、プログラムとデータのバックアップを取るフロッピーディスク装置と磁気テープ装置、システム操作を行なう端末、及び各種帳票等の出力をするプリンタである。

システムが必要とする磁気ディスク装置の記憶領域は、図書10万冊を想定して見積もりをした結果、約110(MB)となった。また、端末3台の内、STN006はOCRハンドスキャン付きで、主として閲覧業務を担当し、他の2台で、貸出・返却以外の処理を行なうこととした。

2.4.2 システム構成

図書館情報システムは次の5つのサブシステムより構成される。

- (1) 発注業務サブシステム
- (2) 目録業務サブシステム
- (3) 装備業務サブシステム
- (4) 閲覧業務サブシステム
- (5) 管理業務サブシステム

システムの概要構成図を図3に示す。また、システムの処理の流れを示すデータフロー図を図4に示す。尚、同図のサブシステムの区分は、分かり易くするために、便宜的に付けたもので、厳密なものではない。また、同図には主要なマスタ及びファイルのみを示しており、その概要を表1に示す。

図4に沿って、システムの処理の概要を説明する。

(1) 発注業務サブシステム

- ① 購入申込者から提出された図書購入伝票について記入内容の確認を行なった後、図書マスタへのキーワード検索を行ない、重複のチェックをする。
- ② 購入を決定した図書について、書店マスタ、通貨ファイル、所属ファイル等を参照して、書誌データ及び会計データを入力し、物品請求及び命令書、明細書、負担行為通知書等の各種帳票を出力する。このとき、入力データは検収ファイルに書き込まれる。
- ③ 書店別に発注リストを出力する。また、発注された図書の内、未着図書については、一定期間経過後、定期的に督促リストを出力し、書店に督促を行なう。
- ④ 図書が入荷すると検収を行ない、検収処理確認後、支払処理を行なう。

(2) 目録業務サブシステム

- ① 検収終了後、目録データの入力を行なう。具体的には、書誌データ、会計データの修正及び追加、キーワード自動生成のための前処理等である。ここまでのデータ入力により、検収ファイルが完成する。
- ② 番号管理ファイルを参照して、図書番号の自動付与を行ない、検収ファイルから装備、閲覧、管理業務に必要な書誌データを抽出して、図書マスタを生成する。
- ③ 検索処理に必要なキーワードインデックスファイル、ISBNファイル、分類インデックスファイルを、検収ファイルから生成する。

(3) 装備業務サブシステム

- ① 貸出条件ファイルを、予め図書館利用規則に従って整備する。

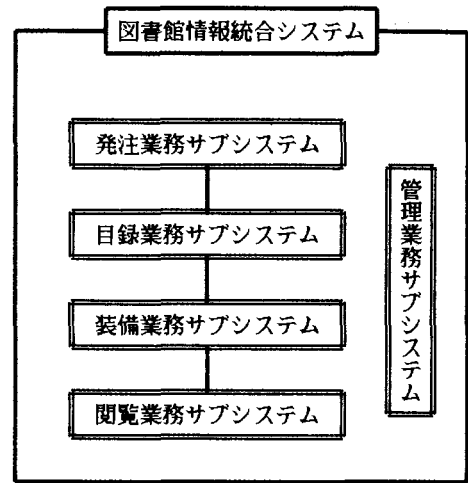


図3 システムの概要構成図

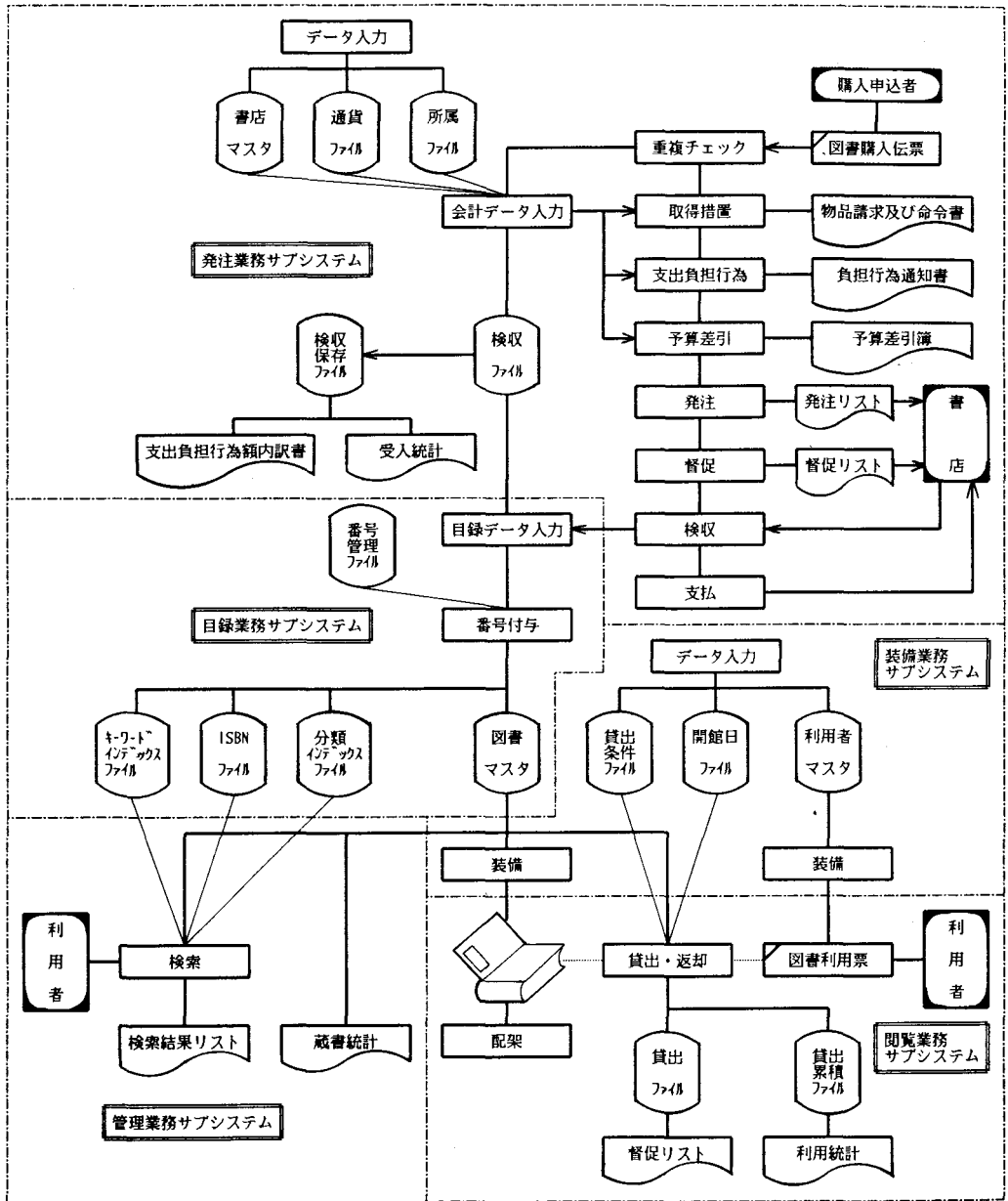


図4 図書館情報システムのデータフロー図（概要）

- ② 開館日ファイルを、年度初めに年度スケジュールに従って整備する。
 - ③ 利用者マスタを、年度初めに学生名簿、教職員名簿に従って整備する。
 - ④ 図書利用票を利用者マスタより出力し、利用者に配布する。
 - ⑤ 図書ラベルを図書マスタより出力し、図書に張り付ける。
- (4) 閲覧業務サブシステム
- ① 開館処理…毎日開館時に、返却期限日の設定等を自動的に行なう。

表1 主要なマスタ及びファイルの概要

ファイル名	概 要	主 要 項 目
書店マスタ	取り引きを行なう書店についての情報を保持。	書店コード、住所、書店名、役職名及び代表者氏名、電話番号、組織形態コード、取扱品目、地区コード等
通貨ファイル	通貨情報を保持。	通貨コード、通貨記号、通貨(ヨミ)、建値、換算額等
所属ファイル	教職員の所属情報。	所属コード、細分コード、所属名、細分名、利用者番号
検収ファイル	図書に関わる全ての情報を保持。各種マスタを自動生成後、検収保存ファイルに複写して、内容は消去される。	伝票番号、請求者番号、受入区分、使用目的コード、予算区分、発注年月日、書店コード、価格、命令書番号、図書番号、図書種別コード、備品・消耗品コード、開架・閉架コード、受入年、図書在籍コード、分類記号、和洋コード、参考図書コード、禁帯貴重コード、会議資料コード、発行所名、発行年、ISBN番号、著者名、書名、キーワード(15個)、書名(ヨミ)、ページ数、大きさ、受入年月等
検収保存ファイル	検収ファイルの内容を蓄積する。	検収ファイルと同一項目
番号管理ファイル	図書番号等の自動付与に用いる。	備品最終図書番号及び命令書番号、消耗品最終図書及び命令書番号等
図書マスタ	装備、閲覧、管理で使用する図書の情報を保持。	図書番号、分類記号、図書種別コード、備品・消耗品コード、開架・閉架コード、所属コード、詳細コード、受入年、在籍区分コード、和洋コード、参考図書コード、禁帯貴重コード、会議資料コード、著者名、書名、発行所名、発行年、書名(ヨミ)、ページ数、大きさ、納入金額等
キーワード インデックスファイル	キーワードによる検索に使用。	キーワード、和洋コード、開架・閉架コード、図書番号
ISBN ファイル	ISBN番号による検索に使用。	分類記号、図書番号、和洋コード、開架・閉架コード
分類 インデックスファイル	分類番号による検索に使用。	ISBN番号、図書番号
利用者マスタ	貸出・返却の利用者に関する情報を保持。	利用者番号、学科・所属コード、学年、利用者区分コード、在籍区分コード、氏名、発行回数、貸出冊数等
貸出条件 ファイル	貸出時のチェックのための条件を保持。	利用者区分コード、利用者区分名、貸出冊数及び日数、貸出期限日
開館日 ファイル	1年間の開館日の情報を保持。	年月日、曜日コード、休館コード、開館時間、閉館時間、入館者数等
貸出 ファイル	貸出中の図書の情報を保持。	図書番号、利用者番号、貸出年月日、返却期限日、返却日
貸出累積 ファイル	貸出・返却の履歴情報を保持。	図書番号、利用者番号、貸出年月日、返却期限日、返却日

- ② 貸出処理…図書利用票の利用者番号と図書の図書番号をOCRハンドスキャンで読み取り、貸出可能か否かのチェックの後、貸し出す。貸出の情報は貸出ファイル及び貸出累積ファイルに書き込まれる。
 - ③ 返却処理…図書番号を入力することにより、貸出ファイルの情報が消去される。
 - ④ 問合わせ…利用者番号を入力することにより、現在貸出中の図書の一覧が出力される。
 - ⑤ 督促処理…返却期限日を過ぎた図書について、学生用督促リスト(クラス別)、教職員用督促リスト(氏名別)を出力し、返却を促す。
- (5) 管理業務サブシステム
- ① 検索処理…キーワード、分類番号等を入力することにより、図書マスタから該当図書を検索し、表示または印刷を行なう。
 - ② 各種統計処理…検収保存ファイルから受入統計、図書マスタから蔵書統計、貸出累積ファイルから利用統計をそれぞれ出力する。

3. 初期導入システム

3.1 システムの概要

なるべく早くシステムの利用を開始する目的で、装備業務と閲覧業務を中心とした初期導入システムの開発を先行させた。主な構成は、装備業務サブシステムと閲覧業務サブシステムで、その殆どの処理項目が最終的に図書館情報システムに組み込まれる。初期導入システム独自の処理としては、図書マスタの遡及データの入力に関する処理がある。これは、既に蔵書として存在する図書については、会計上の処理が終了しているが、閲覧業務を行なうためには、その書誌データを図書マスタに入力しておく必要があるためである。初期導入システムの概要構成をデータフロー図で表したものを図5に示す。同図のマスタ及びファイルの概要については、表1に示す。

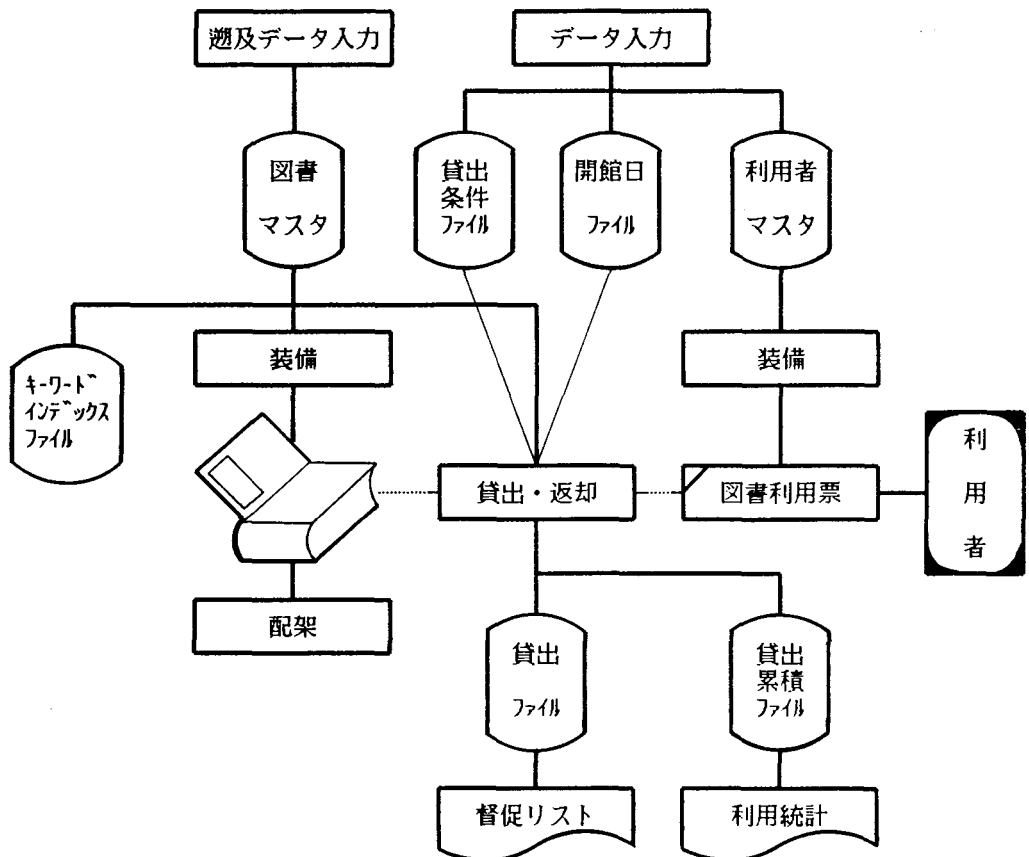


図5 初期導入システムの構成図（概要）

3.2 装備業務サブシステム

装備業務の主な処理項目には、次に示すものがある。

(1) 図書マスタ遡及データ関係処理

既に蔵書として存在する図書のデータを、図書マスタに対して入力、修正、削除する処理で、データチェック用として、全件或は受入年の指定をして、分類記号順、図書番号順、所属別にソートして印刷する処理も付加している。入力処理画面を図6に示す。コード化されている項目は番号選択で、その他の項目は数字または日本語入力となっている。修正、削除は図書番号を指定して、対話

式に確認しながら処理するようになっている。

(2) 貸出条件ファイルの作成

貸出時の返却期限日を設定するための利用規則を貸出条件ファイルに設定する処理で、新規入力と更新の処理がある。処理画面を図7に示す。

(3) 開館日ファイルの作成

年度初めに、その年度の4月1日の曜日及び学校の休業日を入力すると、年度の開館日をファイルに作成する。処理画面を図8に示す。尚、本処理は、3、4月以外には処理が行なえないようになっている。

(4) 利用者マスタの作成

学生、教職員等の利用者のデータを利用者マスタに対して入力、修正、削除する処理で、データチェック用に学年別、学科別に利用者番号順で印刷する処理も付加している。入力処理画面を図9に示す。また、次年度からは、学年を更新し、5年生を削除する必要がある、そのための更新処理を付加している。

(5) 図書ラベルの印刷

図書に張り付ける図書ラベルを出力する。OCRハンドスキャンで読み取る文字(Bフォント文字)で出力する必要がある、図2のPRN106で印刷する。出力例を図10に示す。本処理は、備品と消耗品とでラベルの色が異なるため、備品と消耗品の区別で処理を切り分けている。また、初期導入用としては分類記号順に、図書館情報システム用としては図書番号順に、出力順序を変えている。

(6) 図書利用票の印刷

図書利用票を出力する。OCRハンドスキャンで読み取る文字で出力する必要がある、図2のPRN106或はPRN012(擬似Bフォント文字使用)で印刷する。出力例を図11に示す。本処理は、初年度用として全件印刷、次年度以降用として新入生の印刷、紛失者に対する印刷等、処理内容で切り分けられている。

3.3 閲覧業務サブシステム

閲覧業務の主な項目には、次に示すものがある。

(1) 開館処理

毎日開館時に行なう処理で、開館日ファイルに対して開館時間の入力、返却期限日の自動設定を行なう。返却期限日の設定は、貸出条件ファイルから貸出日数の条件を参照して、返却期限日が休館日とならないように開館日ファイルを参照して設定する。また、設定された内容は画面表示され、確認できる。

(2) 貸出・返却処理

この処理は、初期画面(図12参照)の処理区分の入力により、貸出、返却、貸出取消、確認のそれぞれの処理に分岐する。

- ① 貸出…OCRハンドスキャンまたはキーボードにより利用者番号を入力すると(貸出・返却処理では、利用者番号、図書番号共に両方の装置による入力が可能である)、利用者マスタを参照して、図書利用票の発行回数が適正か、貸出冊数制限内か等のチェックを行ない、また、貸出ファイルを参照して、返却期限日を過ぎた貸出図書がないかのチェックを行なう。これらのチェックで、適正でない場合にはその旨をエラーメッセージとして表示する(図13参照)。適正である場合には、次に、図書番号を入力し、貸出中でないこと、及び禁帯貴重図書でないことを確認後、貸出した旨の情報を利用者マスタ、貸出ファイル、及び図書マスタに書き込む。

- ② 返却…返却図書の図書番号を入力すると、貸出ファイルを参照して、該当図書があれば、利用者

圖書マスタ入力 (新規)		A SINTOS
1. 入力区分: 01 新規	7. 学科: 00 図書	
2. 図書番号: 064189	8. 発行人: 昭和63年	
3. 分類番号: 007.64	9. 在籍: 0 在籍	
RA37	10. 和洋区分: 0 和書	
	11. 発行図書: 0 その他	
4. 図書種別: 0 単行本	12. 紙質: 質量: 0 その他	
5. 商品・消耗品: 0 商品	13. 図書会費: 0 その他	
6. 開架・閉架: 1 開架	14. 予約の有無: 0 予約無	
(ワークステーションシリーズ) 16. コミ: 16000000000000000000 17. 著者名: 上谷 虎弘 編著 18. 発行所名: 丸善 19. 発行年: 1987 年		

発行年 を入力して下さい。

西暦で入れて下さい。

図6 図書マスタ入力処理画面

Figure 1 shows three examples of library labels:

- Library Stamp (Circular):** The outer ring contains the text "吳工業高等専門学校図書館蔵" (Wu Industrial Higher Specialized School Library Collection). The inner circle contains the text "昭和 41 年度" (Showa 41 Year) and the number "003423".
- Accession Label (Rectangular):** The top row contains "SB" and "HA-1". The bottom row contains the number "003423".
- Call Number Label (Rectangular):** The top row contains the text "吳工業高等専門学校図書館" (Wu Industrial Higher Specialized School Library). The bottom row contains the number "1-00342350".

図10 図書ラベル

① 入力区分 2 更新
② 利用者区分 06
③ 利用者区分名 一般学生
④ 貸出履歴 及び 期限

食部要図書	冊数 日数	002冊 007日
食部要図書	冊数 日数	003冊 007日
食部誌	冊数	003冊

図7 貸出条件ファイル更新処理画面

圖書利用票

5-57215-1

所属 電気工学科
氏名 桑田 雄三
有効期限 昭和 62 年 3 月 31 日

呉工業高等専門学校図書館
TEL 0823-71-9122(内線2214)

図11 図書利用票

開館日ファイルの作成 (20世紀)		A KTH009	
① 1989年 4月 1日は	曜日です。	②	長期休暇
②	国民の祝日	・ 夏休み	7月 月 日 ~ 8月 31日
・ 春分の日	4月 29日	・ 秋休み	9月 月 日 ~ 10月 31日
・ 憲法記念日	5月 3日	・ 冬休み	12月 月 日 ~ 1月 日
・ 国民の休日	5月 4日	・ 春休み	3月 月 日 ~ 4月 日
・ 勤労感謝の日	5月 23日	③	その他
・ 敬老の日	9月 15日	・ 聖祝記念日	月 月 日
・ 秋分の日	9月 日	・ 体育祭代休	月 月 日
・ 体育の日	10月 10日	・ 卒業祭代休	月 月 日
・ 文化の日	11月 3日	・ 卒業祭代休	月 月 日
・ 勤労感謝の日	11月 23日	・ 入試後点	2月 日
・ 天皇誕生日	12月 23日		
・ 元旦	1月 1日		
・ 成人の日	1月 15日		
・ 建国記念の日	2月 11日		
・ 春分の日	3月 日		

図8 開館日ファイル作成処理画面

A K7H200

輸出記録整理 平成元年 4月21日(金)

・発運区分

・利用番番号

・氏名

現在の貸出番誌

南家図書	新
野成図書	新
製本所誌	新
天智本館誌	新
計	新

・図書番号

・分類記号

貸出日	年	月	日
返却原日	年	月	日

著者名

(0.貸出 1.返却 2.貸出取消 3.確認 9.終了)

図12 貸出・返却処理初期画面

A KTH002

圖書利用登録カード 附録

・ 利用登録番号 : No.00059215 ・ 所 属 : 電気工学科 ・ 学 年 : 第 5 年 ・ 利用区分 : 卒業学生	・ 在籍区分 : ・ 氏 名 : ・ 仮名読み : ・ 発行回数 :
---	---

「在籍 区分」を入力してください。

☆ 在 学 → 1	☆ 退 学 → 4
☆ 休 学 → 2	
☆ 停 学 → 3	

前送 --> PF15
後送 --> BSK19

図9 利用者マスタ入力処理画面

貸出記録整理		平成元年 4月 21日 (金)
・ 発行区分	貸出	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 現在の貸出冊数 商業図書 5 冊 商業図書 0 冊 製本雑誌 0 冊 工業本雑誌 0 冊 計 5 冊 </div>
・ 利用者番号	95109264	
・ 氏名	鈴木 健也	
	電気工学科	
	院 百	
・ 図書番号		
・ 分譲記号	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K913.5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N18-2</div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">052823</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">貸 出 日 元年 4月 21日</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">返却整理日 元年 4月 6日</div>
書 名	博の樹 下：渡邊の庵	
著者名	沢谷 純次郎著	

圖13 貸出処理画面

マスタ、及び図書マスタに返却した旨の情報を書き込み、貸出累積ファイルに貸出・返却の履歴情報を書き込み、貸出ファイルから該当情報を削除する。

③ 貸出取消…貸出累積ファイルに貸出・返却の履歴情報を書き込まない事を除いて、返却と同様の処理をする。

④ 確認…図書番号を入力すると、貸出中か否かを表示し、貸出中であれば貸出情報を表示する。

(3) 督促処理

▽ 返却期限日を過ぎた図書について、学生に対してはクラス毎に、教職員に対しては個人単位で、督促リストを出力する。

(4) 閉館処理

毎日閉館時に、閉館時間、入館者数を閉館日ファイルに入力する。これらのデータは、利用統計のためのものである。

3.4 その他

以上の装備業務及び閲覧業務に関する処理以外に管理業務サブシステムの一部の処理が組み込まれている。図書マスタからキーワードインデックスファイルを自動生成する処理と、貸出累積ファイルから各種利用統計を出力する処理であるが、これらについては、後報とする。

4. 初期導入システムの運用と評価

現在までの、初期導入システムの運用面での主な経緯を整理すると、次のようになる。

昭和62年10月 開架図書の遡及データの入力開始

昭和63年2月 データチェック

3月 図書ラベルの印刷、図書利用票の印刷

昭和63年度開館日ファイルの作成

4月 貸出・返却処理運用開始

平成元年3月 利用統計

このような経緯の中で、システムの改良を進め、処理プログラムの階層的なメニュー構成、画一的な項目のコード化、処理画面の工夫等により、最終的に、簡単な操作性、マニュアルレス、視覚化、ユーザオリエントの特徴を持つ、ユーザの立場で使い易いシステムとすることができた。

初期導入システムの運用により、装備業務、及び貸出・返却等の閲覧業務の迅速化、省力化が計られ、システムのユーザ、及び図書館の利用者に好評を得ている。

5. 結 び

本論文では、図書館業務の迅速化、省力化等を目的とした情報システムについて報告した。即ち、図書館の情報システム化の事前検討として、図書館業務の分析、情報システム化における留意点の考察、設計指針の整理を行なった後、システムの支援する範囲を決定し、システムの基本的な設計を行ない、システムの全体像を明確にした。また、装備業務と閲覧業務を中心とした初期導入システムの詳細について報告し、その運用面での評価を行ない、処理の迅速化、省力化が計られていることを確認した。

今後の課題としては、図書館情報システムとしての早期運用開始、逐次刊行形式の資料を対象とする雑誌業務サブシステムの基礎的検討等がある。

本システムの開発の機会を与えて頂き、開発に際してご援助を頂いた、前図書主任の藤井健教授、システム設計にあたり、ユーザの立場から種々のご意見を頂き、開発に際して様々な側面から多大なるご協力を頂いた、土佐智義前図書係長、石間悦子係員、金川洋介係員に深謝します。また、本システムの開発は、九州工業大学で開発された図書館情報システムを参考にしている。システムを公開して頂いた九州工業大学情報処理係長中西誠一氏に、深謝します。

本稿は、昭和61年度より3年間にわたって、卒業研究として開発した図書館情報システムの一部を、報告の第1報としてまとめたものであり、熱心にご協力頂いた、本校19期生阿部哲士、井口直樹、嶋本健一郎、竹井弘樹、20期生小川孝行、的場匡央、21期生小泉雅巳、東野幸成の諸君に感謝します。

文 献

- (1) L. A. Clyde: "学校図書館におけるコンピュータ", 現代の図書館, Vol. 25, No. 4, pp. 241-255, 1987.
- (2) "LIASON 開発報告書-図書館情報大学における図書館業務トータルシステム-", 図書館情報大学附属図書館編集・発行, 375p, 1986.
- (3) 石川徹也: "図書館業務システム", 情報処理学会誌, Vol. 28, No. 3, pp. 315-329, 1987.
- (4) 中西誠一, 他: "九州工業大学附属図書館情報システム", 九州工業大学附属図書館, pp. 1-10, 1985.
- (5) 東北大学図書館業務電算化委員会: "T-Lines; 東北大学附属図書館における業務システム化概要", 大学図書館研究, Vol. XXXI, pp. 24-39, 1987.
- (6) 猪瀬博, 他: "学術情報システムと大学図書館", 紀伊国屋書店, 209p, 1988.
- (7) 全国国立大学図書館長会議: "大学図書館の業務分析", 日本図書館協会, 209p, 1968.

(平成元年4月15日受付)

昭和63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(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
宇根 俊範	源平藤橘の由来	月刊百科（平凡社）304号
笠松 義隆 小島 健一（広大総合科） 檜原 忠幹（ " ）	G d Z n 中の不純物核の内部磁場Ⅱ	日本物理学会第43回年会講演予稿集 （63年3月、郡山）
笠松 義隆 小島 健一（広大総合科） 檜原 忠幹（ " ）	G d Z n 中の不純物核の内部磁場Ⅲ	日本物理学会秋の分科会講演予稿集 （63年10月、広島）
小島 健一（広大総合科） 林 宏昌（ " ） 檜原 忠幹（ " ） 笠松 義隆	Pressure Effect on the Valence Phase Transition of $\text{Yb}_{1-x}\text{In}_x\text{Cu}_2$	Journal of Magnetism and Magnetic Materials 76 & 77 (1988) 291-292
白川 洋二	Team Working & Team Teaching	英語の窓 1988 Summer No. 274 CHUKYO SHUPPAN
白川 洋二	工業技術英語入門コース1	日本能率協会 日本工業英語協会 1988年10月発行
川尻 武信	Team Teaching による指導	『英語教育』9月増刊号、大修館書店
林 武美 名島 隆一（広大理） 若泉 誠一（ " ） 谷本 盛光（愛媛大教育）	Rosen-type derivation of the quark mixing matrix in three- and four-generation schemes	Physical Review D, Vol. 38, No. 3, pp. 970-979 (1988)
河野 正来 灘野 宏正 寺内 喜男（広大工）	TiN 被膜を施した鋼球の四球試験 における摩擦特性	日本設計製図学会中国支部講演論文 集 No. 7（昭63. 1、広島市）、pp. 23-28
灘野 宏正 河野 正来 寺内 喜男（広大工） 中本 幸義（オカネツ工業） T. O. Prado （フィリピン工科大）	四球試験による TiN 被膜の摩擦特 性	日本潤滑学会第33期全国大会予稿集 （昭63. 10、岡山市）、pp. 541-544

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
寺内 喜男 (広大工) 永村 和照 (広大工) 野原 稔	STUDY ON RIPPLING FAILURE OCCURRING ON GEAR TOOTH SURFACES	PROCEEDINGS OF INTERNA- TIONAL CONFERENCE ON GEARING 5-10 November 1988, Zhengzhou, China, pp. 555~558
太田 光雄 (広大工) 藤田 幸史 肖 業貴 (広大工)	サウンド・ブリッジを持つ遮音壁の 暗騒音混入下における一同定法と交 通騒音に対する応答分布予測	日本音響学会誌44巻11号、pp. 857 ~860、1988
生田 顕 (広大工) 太田 光雄 (") 藤田 幸史	非定常交通騒音の短期レベル分布に 基づく長期レベル分布の一推定法	日本音響学会講演論文集 (昭和63年 3月、町田)
太田 光雄 (広大工) 藤田 幸史	応答分布評価に整合した任意騒音入 力下の室の吸音パラメータ (最小エ ントロピー法)	日本音響学会講演論文集 (昭和63年 10月、福岡)
畑山 東明 (広大工) 岡部 卓治 中佐啓治郎 (広大工)	DEPENDENCE OF NON-UNIFORM DEFORMA- TION BEHAVIOUR ON m -VALUES IN SUPERPLASTIC MATERIALS	MRS Int. Meeting on Advanced Materials (Tokyo, Japan)
岡部 卓治 畑山 東明 (広大工) 武井 英雄 (広工大)	EFFECT OF STRAIN RATE DEPENDENCE OF m ON DUC- TILITY IN SUPERPLASTIC MATERIALS	Int. Conf. on Superplasticity and Superplastic Forming (Blain, Washington, U. S. A.)
多幾山 憲 (広大工) 上浦 良友 藤田 俊昭 (広大工) 尾田 年充 (") 浜村 司郎 (") 酒井 恒 (広島電機大) 古金卯太郎 (愛媛大教養)	中性ガスにより急冷されたZピンチ 再結合プラズマにおける反転分布	X線レーザーの基礎過程に関する研 究 研究会報告集 科学研究費補助金総合研究(A) (昭和63年2月)
上浦 良友 多幾山 憲 (広大工) 酒井 恒 (広島電機大) 藤田 俊昭 (広大工) 尾田 年充 (") 浜村 司郎 (") 古金卯太郎 (愛媛大教養)	中性ガスにより急冷された再結合プ ラズマにおける反転分布Ⅲ	第43回日本物理学会年会講演予稿集 (昭和63年、郡山)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
上浦 良友 多幾山 憲 (広大工) 酒井 恒 (広島電機大) 藤田 俊昭 (広大工) 尾田 年充 (")	中性水素ガスにより急冷された再結合プラズマの分光計測	日本物理学会、応用物理学会 中国四国支部例会講演予稿集 (昭和63年、徳島)
酒井 恒 (広島電機大) 多幾山 憲 (広大工) 上浦 良友 辻 亮 (広大工) 藤田 俊昭 (") 尾田 年充 (")	平行平板ホローカソード放電プラズマの分光計測	日本物理学会、応用物理学会 中国四国支部例会講演予稿集 (昭和63年、徳島)
上浦 良友 多幾山 憲 (広大工) 酒井 恒 (広島電機大) 藤田 俊昭 (広大工) 尾田 年充 (") 古金卯太郎 (愛媛大教養)	中性ガスにより急冷された再結合プラズマにおける反転分布Ⅳ	日本物理学会秋の分科会講演予稿集 (昭和63年、広島)
佐藤 国憲 (名大プラ研) 石井 和重 (") 秋山 龍一 (") 大塚 正元 (") 尾田 年充 (広大工) 多幾山 憲 (") 上浦 良友 古金卯太郎 (愛媛大教養) 斧 高一 (三菱中研) 大森 達夫 (")	TPD-I プラズマにおけるパルスガス導入による反転分布生成	日本物理学会秋の分科会講演予稿集 (昭和63年、広島)
T. Oda (広大工) K. Takiyama (") Y. Kamiura T. Fujita (広大工) K. Sato (名大プラ研) K. Ishii (") R. Akiyama (") M. Otsuka (") U. Furukane (愛媛大教養) H. Sakai (広島電機大) K. Ono (三菱中研) T. Oomori (")	Gas-Contact Cooling for Quasi-Stationary Oscillation of the XUV Laser in Recombining Plasmas	Short Wavelength Lasers and Their Applications, Proc. Inter. Sympo., Osaka, Japan, Nov. 11-13, 1987 (Springer-Verlag, 1988) Springer Proc. Phys., Vol. 30, pp. 42-49

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
K. Takiyama (広大工) K. Kadota (名大プラ研) T. Oda (広大工) M. Hamamoto(大分大工) T. Ohgo (福岡教育大) Y. Kamiura K. Adati (名大プラ研) J. Fujita (")	Development of Li beam probing and laser-induced fluorescence technique for electric field measure- ment in a plasma	REVIEW OF SCIENTIFIC IN- STRUMENTS, 59 (11) (1988) pp. 2351-2356
山崎 勉	ホローカソード内のA r 準安定原子 密度の測定	日本物理学会第43回年会講演予稿集 (昭和63年、郡山、3 a - G 1 - 2)
Shizuma Yamaguchi (Maritime Safety Academy*) Yuichi Kato Kensei Oimatsu (*)	THE STATISTICAL EVALUA- TION OF A SPECIFIC SOUND SOURCE IN A BACKGROUND NOISE ENVIRONMENT, BASED ON THE CONCEPT OF MOMEN- TARY SIGNAL-TO-NOISE RATIO	Acoustics Letters Vol. 11, No. 11, 1988
山口 静馬 (海保大) 加藤 裕一	車輛台数計測に基づく車頭間隔分布 の推定—ア—ラン分布モデルの場合—	日本音響学会誌44巻11号 (1988) pp. 861~864
山口 静馬 (海保大) 加藤 裕一	L ₅₀ とL _{eq} の関係式設立に関する基 礎的一考察	日本音響学会誌44巻7号 (1988) pp. 515~518
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	信号機による非定常道路交通騒音の 一予測方法	日本音響学会誌44巻7号 (1988) pp. 510~514
Shizuma Yamaguchi (*) Yuichi Kato Kensei Oimatsu (*)	A STATISTICAL CONSIDERA- TION ON THE ACCURACY OF EQUIVALENT SOUND LEVEL MEASUREMENT BASED ON SAMPLING METHODS	Acoustics Letters Vol. 11, No. 8, 1988
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	交通動力学理論に基づく信号機付近 の道路騒音予測	電気四学会中国支部第39回連合大会 講演論文集 (昭和63年、鳥取)
山口 静馬 (海保大) 加藤 裕一	信号機付近における道路騒音の一予 測方法	同上

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	交通動力学理論に基づく信号機付近の道路騒音予測	日本音響学会昭和63年度秋季研究発表会講演論文集 (昭和63年、福岡)
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	平均車輛台数の非定常的变化パターンに基づく道路騒音の一予測法	日本音響学会昭和63年度春季研究発表会講演論文集 (昭和63年、東京)
山口 静馬 (海保大) 加藤 裕一	信号機付近における道路騒音の実用的一予測方法	日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集 (昭和63年、東京)
鈴木 信也 岡野 敬信 (CSK)	論理の最適化を目指した論理回路設計支援システムの試作	電気四学会中国支部第39回連合大会講演論文集 (昭和63年、鳥取)
丸上 晴朗 平島 健一 (山梨大工)	平板の連成熱弾性振動解析	土木学会第43回年次学術講演会講演概要集第1部 (88、広島)
K. Takemura S. Miyazawa (広大工) T. Sakata (フジタ工業)	Mechanical Characteristics of Chemical-prestressed Reinforced Concrete Column	Review of the 42ed General Meeting, The Cement Association of Japan.
竹村 和夫 宮沢 伸吾 (広大工) 坂田 拓司 (フジタ工業)	ケミカルプレストレスを受けた鉄筋コンクリート柱の一軸圧縮特性	セメント技術年報 No.42
田澤 栄一 (広大工) 竹村 和夫 坂田 拓司 (フジタ工業) 市坪 誠 (広大工)	膨張材を添加した鉄筋コンクリート柱の一軸圧縮特性	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集 (昭和63年、鳥取)
網干 寿夫 (広大工) 小堀 慈久	まさ土地域の斜面崩壊調査についてー広島県呉市の場合ー	土木学会中国四国支部学術講演会概要集 (1988年、鳥取)
網干 寿夫 (広大工) 小堀 慈久	まさ土斜面崩壊地域の比較調査ー広島市及び呉市の場合ー	土木学会第43回年次学術講演会概要集 (1988年、広島)
小堀 慈久	まさ土斜面崩壊要因の地域的比較	土質工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」(第6巻、1号)
大橋 晶良 桃井 清至 (長岡技大) 原田 秀樹 (〃) 戸手 耕治 (呉高専)	生物膜の付着増殖形成及び剥離と細胞外ポリマー	水質汚濁学会講演集 (昭和63年、東京)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
大橋 晶良 桃井 清至(長岡技大) 原田 秀樹(") 坂本 雅己(呉高専)	砂れき付着生物による窒素態生分解 の温度依存性	土木学会中国四国支部研究発表会講 演概要集(昭和63年、鳥取)
大橋 晶良 増木 誠治(呉市) 原田 秀樹(長岡技大) 桃井 清至(") 平井 肇(広島市)	河床付着生物間の相互作用と窒素態 の消長	土木学会年次学術講演会講演概要集 第2部(昭和63年、広島)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工) 平野 毅志(道路公団)	新交通システム導入計画における選 好意識調査の有効性に関する研究	土木学会中国四国支部第40回研究発 表会講演概要集 (昭和63年、鳥取)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工) 平野 毅志(道路公団)	選好意識データを用いた交通手段選 好モデルの有効性	土木学会第43回年次学術講演会講演 概要集Ⅳ (昭和63年、広島)
杉恵 頼寧(広大工) 藤原 章正 末永 勝久(広大工)	活動日誌を用いた交通調査の有効性	日本都市計画学会都市計画論文集No. 23
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工) 平野 毅志(道路公団)	順位づけした意識データの適用性に 関する研究	土木計画学研究講演集No.11
藤原 章正	新交通システム導入が沿線住民の交 通および活動に及ぼす影響の評価	日本交通政策研究会シリーズA -122
清 和四士	欠陥建築をなくすための「建築士の 役割」	広島県建築士会呉地区支部報(No.28)
西村 光正	マサ土のコンシステンシー試験法に ついて (マサ土細粒分のコンシステンシー 性状)	日本建築学会中国支部研究報告集第 14巻 (昭和63年3月)
芳賀 保夫(福山大学工学部) 松浦 誠(近畿大学工学部) 西村 光正 山田 祐司(米子高専) 富永 晃司(広大工) 山本 春行(広大工)	広島県西部地盤図	日本建築学会中国支部編 (昭和63年5月発行)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
藤井 健	結合面が床と壁に接しているときの 平均音圧レベル(1) 〈COUPLED ROOM の音響特性に 関する研究〉	日本音響学会講演論文集、1988. 10
藤井 健	結合面が床と壁に接しているときの 平均音圧レベル(2) 〈COUPLED ROOM の音響特性に 関する研究〉	日本音響学会講演論文集、1988. 10
福原 安洋	鉄筋コンクリート耐震壁のせん断力 負担に関する実験研究 その3 壁の配筋方法と耐力について	日本建築学会中国支部研究報告集第 14巻(昭和63年3月)
篠部 裕 瀬口 哲夫(豊橋技科大)	企業都市の形成過程 —因島市を研究対象として— —産業構造の変化に伴う地域整備に 関する研究 その1—	日本建築学会中国支部研究報告集 (第14巻) (広島)
篠部 裕 瀬口 哲夫(豊橋技科大)	企業都市における企業の住宅政策と 住宅問題 —因島市を研究対象として— —産業構造の変化に伴う地域整備に 関する研究 その2—	〃
篠部 裕 瀬口 哲夫(豊橋技科大)	企業による福利厚生施設の建設内容 と今後の整備課題 —因島市を研究対象として— —産業構造の変化に伴う地域整備に 関する研究 その3—	昭和63年度大会(関東) 学術講演梗概集F(昭和63年、習志 野)
Hiroshi Shinobe Tetsuo Seguchi (Toyohashi U of T)	A STUDY ON THE ADJUST- MENT OF THE DISTRICT WITH THE CHANGE OF INDUSTRY STRUCTURE. The housing policy of the enterprise and the housing problem arisen with a depression.	IAPS-10 PROCEEDINGS-VOLUME 1. (Delft, Netherlands, 1988)
篠部 裕 瀬口 哲夫(豊橋技科大)	構造不況業種が集中する企業都市の 整備課題に関する研究 —因島市における企業の福利厚生施 設の建設過程と整備課題—	都市計画論文集(No.23) (昭和63年、東京)
西名 大作 村川 三郎(広大工) 関根 毅(〃)	都市内河川における住民のレクリ エーション利用とその評価に関する 研究 その2. 住民意識調査結果の分析	日本建築学会中国支部研究報告集第 14巻

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
赤司浩一郎(東陶機器) 関根 毅(広大工) 村川 三郎(〃) 西名 大作	子供の遊び場としての河川空間の利用に関する研究 その5. 八幡川アンケート調査結果の分析	日本建築学会中国支部研究報告集第14巻
竹田 述生(山口県庁) 関根 毅(広大工) 村川 三郎(〃) 西名 大作	都市公園における住民の利用・評価に関する研究 その1. 東広島市鏡山公園の利用実態調査結果	〃
村田 浩之(河内市河内町開発建設部) 関根 毅(広大工) 村川 三郎(〃) 西名 大作	コンピュータ画像処理による河川景観評価に関する実験的研究 その3. 景観画像の呈示方法の検討	〃
成田 健一(広大工) 村川 三郎(〃) 関根 毅(〃) 西名 大作	都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究 その4. 河川構造と気象条件の影響	〃
千田 勝也(玉野総合コンサルタント) 関根 毅(広大工) 村川 三郎(〃) 成田 健一(〃) 西名 大作	同上 その5. 自記温度計による長期観測結果の解析	〃
村川 三郎(広大工) 西名 大作	現地実験、スライド実験および住民意識調査による河川環境評価の比較分析 河川環境評価手法に関する研究 その2	日本建築学会計画系論文報告集 No. 384
村川 三郎(広大工) 西名 大作 飯尾 昭彦(愛工大)	都市内親水施設を対象とした距離圏域による住民の利用・評価の分析	〃 No.389
村川 三郎(広大工) 関根 毅(〃) 成田 健一(〃) 西名 大作	都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究	〃 No.393
村川 三郎(広大工) 西名 大作 村田 浩之(河内市河内町開発建設部)	コンピュータ画像処理による河川景観評価に関する実験的研究 その4 景観画像の呈示方法の検討. 2	日本建築学会大会学術講演梗概集(昭和63年、関東)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名(巻号)または発表会名(場所) (口頭発表のみの場合)
関根 毅 (広大工) 村川 三郎 (") 西名 大作 村田 浩之 ((株)市道都市開発建設 業コンサルティング)	コンピュータ画像処理による河川景 観評価に関する実験的研究 その5 河川規模と評価との関連. 1	日本建築学会大会学術講演梗概集 (昭和63年、関東)
西名 大作 村川 三郎 (広大工) 村田 浩之 ((株)市道都市開発建設 業コンサルティング)	同上 その6 河川規模と評価との関連. 2	"
関根 毅 (広大工) 村川 三郎 (") 赤司浩一郎 (東陶機器) 西名 大作	子供の遊び場としての河川空間の利 用に関する研究 その6. 保護者による河川環境の評 価と児童の河川利用との関連	"
関根 毅 (広大工) 村川 三郎 (") 成田 健一 (") 千田 勝也 ((株)野総合コン 西名 大作	都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼ す効果に関する研究 その6. 自記温度計による長期観測 結果の解析 その2	"
村川 三郎 (広大工) 関根 毅 (") 成田 健一 (") 千田 勝也 ((株)野総合コン 西名 大作	同上 その7. 自転車移動観測による影響 範囲の把握	"

編 集 委 員

寺	本	康	俊
小	山	通	榮
京	免		進
加	藤	裕	一
竹	村	和	夫
西	村	光	正

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第25巻 第1号 (1989)

(通 巻 第44号)

平成元年 8 月 印刷

平成元年 8 月 発行

編集者
発行者

呉工業高等専門学校

〒737 呉市阿賀南2丁目2-11

電 話 (0823) 71-9121(代)

印刷所

た く み 印 刷 株 式 会 社

〒733 広島市西区井口明神

2丁目1-21

電 話 (082) 278-2111

MEMOIRS OF THE KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 25, No.1 (Consecutive No.44)
August, 1st Year of Heisei (1989)

CONTENTS

1 .	Survey on a Sleep—Wake Habits of College Students (2)	Keiji ARIHIRO Tadao HORI Shigeki MURAKAMI	1
2 .	A Simplified Logic Simulator (2nd Report)	Shinji WATAI	11
3 .	Utilization of a Circuit Simulator in Teaching Electronic Circuits	Shinji WATAI	17
4 .	Measurement of the Population Densities of Neon and Argon Metastable Atoms in the Hollow Cathode	Tsutomu YAMAZAKI	23
5 .	Measurement of the Population Densities of the Excited Atoms in the Positive Column Plasma of Hg—Ar Glow Discharge	Tsutomu YAMAZAKI Kazuhiko HARADA	31
6 .	A Prediction Method of Probability Distribution for Non—Stationary Road Traffic Noise Controlled by Traffic Signals	Yuichi KATO Shizuma YAMAGUCHI	37
7 .	Library Automation at Kure National College of Technology (1) — Developing Information Concepts and Prototype of Systems —	Nobuya SUZUMURA	47
	List of Papers Published or Read Outside The Kure National College of Technology in 1988.		61