

呉工業高等専門学校

研究報告

第31巻 第1号 (通巻第56号)

平成7年8月 (1995)

目次

1. CrSe の共鳴光電子分光	小八田原佐三谷植	山方村田藤原口田	通直昌二 隆雅義	榮久望郎仁弘樹文	1
2. 本校学生における性格・精神検査の基礎的研究 (第2報) ——一般学生および体育クラブ学生の性格の考察——	榎谷石	岡嶋	孝憲篤	雄三司	5
3. X' 理論に関する一考察	川	尻	武	信	15
4. マイクロコンピュータによる搬送ロボットの制御	野	原	稔		23
5. ホーキング放射の質量依存性について	深	澤	謙	次	33
6. 銅ホロー陰極放電の特性	山	崎	勉		43
平成6年度本校教官による他誌発表論文一覧表					51
研究報告総目次 (通巻第46号～55号)					59

CrSe の共鳴光電子分光

(一般科目) 小山通榮

(広島大学理学部) 八方直久, 田村昌望, 原田二郎,
佐藤 仁, 三原隆弘, 谷口雅樹,

(徳山高専) 植田義文

Synchrotron Radiation Photoemission Study of CrSe with NiAs-type Crystal structure

Michie KOYAMA, Naohisa HAPPO,
Masamochi TAMURA, Jiro HARADA,
Hitoshi SATO, Takahiro MIHARA,
Masaki TANIGUCHI, Yoshifumi UEDA

Cr 3d partial density of states (DOS) of CrSe was investigated at 3p-3d excitation region. A peak is clearly observed at 1.3 eV in the Cr 3d partial DOS. Structures are also observed at 0~0.7 eV and 2.5~5.5 eV. There is a good agreement between the experimental Cr 3d partial DOS and the Cr 3d structures calculated by Dijkstra et al. for the antiferromagnetic phase of CrSe.

Key Words: partial density of states, resonant photoemission, CrSe, antiferromagnet
部分状態密度, 共鳴光電子分光, CrSe, 反強磁性体

§ 1 はじめに

CrX(X=S,Se,Te)はNiAs型を基本とした結晶構造を持つCrカルコゲナイド化合物であり, その磁気的性質については以前より数多くの研究がなされている。これらの室温での磁気的性質は, CrSとCrSeは反強磁性, CrTeは強磁性を示し, CrSは構造相転移を伴う半導体-金属転移を示す¹⁾。CrSeもCrSと同様に $T_i=575\text{K}$ 付近に半導体-金属転移を伴う構造相転移を起こすことが報告されている²⁾。また, 帯磁率や電気伝導度にも575Kにおいて変化が起こる^{3,4)}。CrSeは転移点以上ではNiAs型であるが, それ以下ではヤーンテラー効果により擬NiAs型に変形する。Néel点は200~320Kと報告されている^{3,4,5)}。

Crカルコゲナイドは他の3d遷移金属カルコゲナイド化合物と同様に, 原子空孔や圧力により特有な磁性や伝導率を示す。Cr₂Se₃についてはNéel点以下で磁気相転移が起こり, その磁気構造が中性子回折により明らかにされている⁶⁾。この磁気相転移点付近においては負の膨張を示している⁷⁾。また, 単結晶の反射スペクトルを求めた佐藤らの報告によれば, フォトンエネルギーが0.3 eV付近で吸収端を持つ半導体である⁸⁾。

構造相転移や磁気秩序はフェルミレベル近傍のバンドの振る舞いと関係があると考えられており⁹⁾, Crカルコゲナイドの特異な性質はその電子構造と深いかかわり合いがあると考えられる。CrSeの電

子構造を明らかにすることは、この物質の磁気構造の変化あるいは構造の変化の機構等の諸性質を解明する上で重要である。

また、増強球面波近似 (ASW) によりCrカルコゲナイド化合物のバンド計算がDijkstraらによって行われている¹⁰⁾。本研究では、放射光を用いた共鳴光電子分光実験を行い、価電子帯中のCr 3d部分状態密度を求め、Dijkstraらの反強磁性状態に対するCrSeのバンド計算と比較、検討を行った。

§ 2 実験

この実験に使用したCrSeの試料は99.99% Crと99.999% Seを1:1で混合し、石英管に真空封入した。この石英管の一端を900℃、他端をおよそ400℃にしておよそ一週間直接反応させ、素試料を得た。得られた素試料は一度粉碎し、よく混合した後、再び石英管に真空封入した。石英管を二重にして真空封入し、1550℃まで加熱して数時間保った後、数日間かけて室温に冷却した。得られた結晶はX線回折により結晶性を確認し、格子定数の $a=3.684\text{ \AA}$ と $c=6.019\text{ \AA}$ を得た。

共鳴光電子分光実験は、高エネルギー物理学研究所放射光実験施設BL-11Dで行った。 $4 \times 10^{-10}\text{ Torr}$ の超高真空のもとでファイリングを行って清浄表面を得た後、真空を破ることなく $2 \times 10^{-10}\text{ Torr}$ のアナライザー室へ移送して測定した。実験はすべて室温で行った。

§ 3 実験結果および検討

図1に光電子スペクトルの光子エネルギー ($h\nu$) 依存性を示す。それぞれのスペクトルの強度は金で規格化した。結合エネルギー (E_B) が0.2 eV, 1.3 eV, 3.7 eV, 6.2 eVに4つの構造が見られる。特に、 $E_B=1.3\text{ eV}$ には鋭いピークが見られる。このピークの強度は光子エネルギーが35 eVから増加するに従って次第に小さくなり、41.4 eVで最小になる。更にエネルギーが増加するとピークは大きくなり、50.0 eVで最大となる。更に、エネルギーが増加し、60 eVになるまで再び小さくなる。

各始状態 (E_i) における光電子強度の光子エネルギー依存性 (定始状態スペクトル (CIS)) を図2(a)に示した。ここで特に注目されるのは、 $E_i=1.2\text{ eV}$ におけるスペクトルに大きな強度の変化が見られる。これは図1の $E_B=1.3\text{ eV}$ のピーク強度の光子エネルギー依存性とよく対応がとれており、 $h\nu=41.4\text{ eV}$ で最小となり、50.0 eVで最大となっている。図2(b)のスペクトルは35~60 eVの光子エネルギーに対する全量子収率スペクトルを表している。 $h\nu=40\sim 50\text{ eV}$ に見られる強度の変化は、よく知られているよ

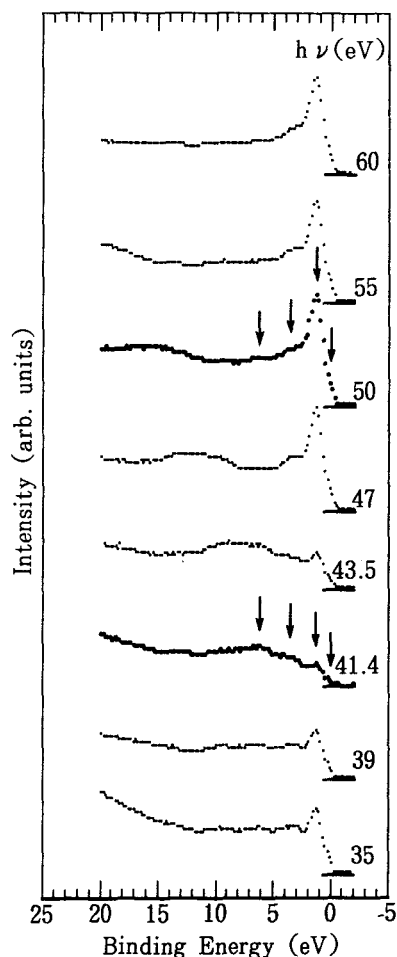


図1 NiAs型CrSeの価電子帯光電子スペクトルの3p-3d吸収領域光子エネルギー ($h\nu$) 依存性。横軸は価電子帯頂上を基準とした結合エネルギー (E_B) を表す。矢印は構造の位置を示す。

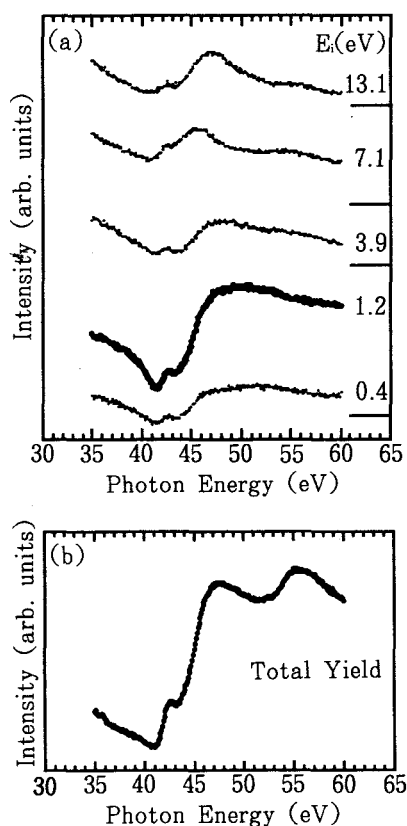


図2 (a)各始状態 (E_i) における光電子強度のフォトンエネルギー ($h\nu$) 依存性。(b) 35~60 eV 領域におけるフォトンエネルギーに対するNiAs型CrSeの全量子収率スペクトル。

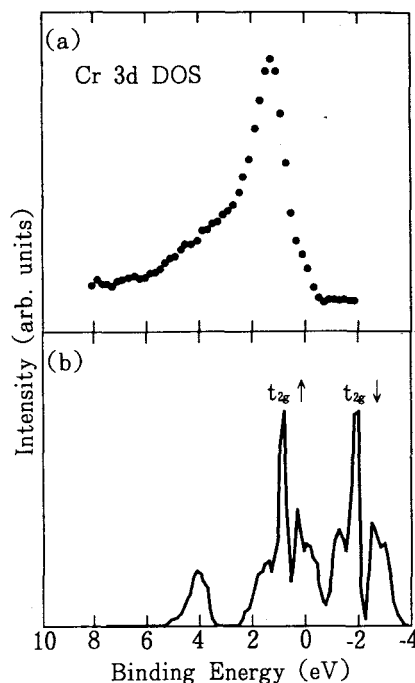


図3 (a)実験により求められたNiAs型CrSe中のCr 3d部分状態密度(b)Dijkstraらによるバンド計算から求められた反強磁性状態におけるCr 3d部分状態密度

うにCr 3p-3dの内殻吸収に対応している。CISスペクトルの強度の変化はCr 3d軌道からの直接励起過程 ($3p^6 3d^4 + h\nu \rightarrow 3p^5 3d^5 + \epsilon 1$) と、Cr 3p-3d準位間の励起に伴うスーパーコスタークロニッヒ緩和過程 ($3p^6 3d^4 + h\nu \rightarrow 3p^5 3d^5 \rightarrow 3p^6 3d^3 + \epsilon 1$) による共鳴光電子放出によるものである。これから図1に示した $h\nu = 41.4$ eVのスペクトルは非共鳴スペクトルであり、50.0 eVのスペクトルは共鳴スペクトルであることがわかる。

これらの2つのスペクトルの差をとることにより、Cr 3d部分状態密度 (PDOS) を求めることができる。この結果を図3(a)に示す。 $E_B = 1.3$ eVの鋭いピークの他にも $E_B = 0 \sim 0.7$ eV と $E_B = 2.7 \sim 5.5$ eV にも構造が見られる。実験により求められたPDOSを図3(b)に示したDijkstra¹⁰⁾らによるバンド計算から求められた反強磁性状態のCr 3d部分状態密度と比較すると、実験により求められたピークは、バンド計算により求められたピークよりもわずかに結合エネルギーの大きい方にシフトしているがスペクトル形状はよく似ており、実験と計算結果には全体的によく対応している。このことから、 $E_B = 1.3$ eVのピークは局在しているCr 3d ($t_{2g} \uparrow$) であり、 $E_B = 0 \sim 5.5$ eVにわたる構造はCr 3dとSe 4pとの混成によるものと考えられる。

参考文献

- 1) V. V. Sokolovich, Sov. Phys. Solid State **34** (1992) 371
- 2) 日本物理学会 春の分科会 講演予稿集, 157 (1977)
- 3) K. Masumoto, T. Hihara and T. Kamigaichi, J. Phys. Soc. Japan **17** (1962) 1209
- 4) K. Masumoto and T. Kamibaichi, J. Sci. Hiroshima Univ. A**29** (1965) 47
- 5) I. Tsubokawa, J. Phys. Soc. Japan **15** (1960) 2243
- 6) Y. Adachi, M. Ohashi, T. Kaneko, M. Yuzuri, Y. Yamaguchi, S. Funahashi and Y. Morii, J. Phys. soc. Japan **63** (1994) 1548
- 7) S. Ohta, Y. Adachi, T. Kaneko, M. Yuzuri and H. Yoshida, J. Phys. Soc. Japan **63** (1994) 2225
- 8) K.Sato, Y. Amano, M. Hirai and M.Fujisawa, J. Phys. Soc. Japan **59** (1990) 435
- 9) 望月和子, 加藤敬子, 固体物理 **21** (1986) 627
- 10) J. Dijkstra, C. F. van Bruggen, C. Haas and R. A. de Groot, J. Phys.: Condens. Matter **1** (1989) 9163

(平成7年4月17日受付)

本校学生における性格・精神検査の基礎的研究（第2報）

一般学生および体育クラブ学生の性格の考察

（一般科目）榎 孝 雄
谷 岡 憲 三
石 嶋 篤 司

Basic Research into the Character and Psychology of Our Students (Report 2)

A Character Study of General Students and Athletes.

Takao ENOKI
Kenso TANIOKA
Tokushi ISHIJIMA

The purpose for this research was to interpret the results from the combined KP (Uchida-Kraepelin Psychology Examination) and YG (Yatabe-Guilford Character Examination), and attempt to detect any distinguishing character 'types' in general students and athletes. Is there any difference between male and female? Of distinguishing 'types' are evident, what percentage appears in other areas of study? By testing quantitatively and qualitatively, is it possible to detect a tendency towards abnormal types and normal types? If KP and YG examinations are established as Test Criterion Items, is there any indication of a tendency that appears systematically at the criterion stage?

For those who tend towards the abnormal types, apply a character analysis and study their systematic relation. Based on these, examine the specific characteristics in order to gain a better insight on which to base suggestions for future guidance.

Key Words: Characteristics, Percentage appearance, Character examination, Tendency,
性格特性, 出現率, 性格検査, 傾向,

I. 緒言

第1報の「緒言」に示されているように性格というものは、人間の個性に関するもので、本来もって生まれたもの（素質）を基盤として、それぞれの生まれ育った環境からの影響によって形成される精神的な特徴を意味するのではないだろうか。さらに性格の個人差についても非常に著しく、顔立ちやからだつきがちがうように、神経質な人・心配性の人・活動的な人・怒りっぽいひと・ユーモアの

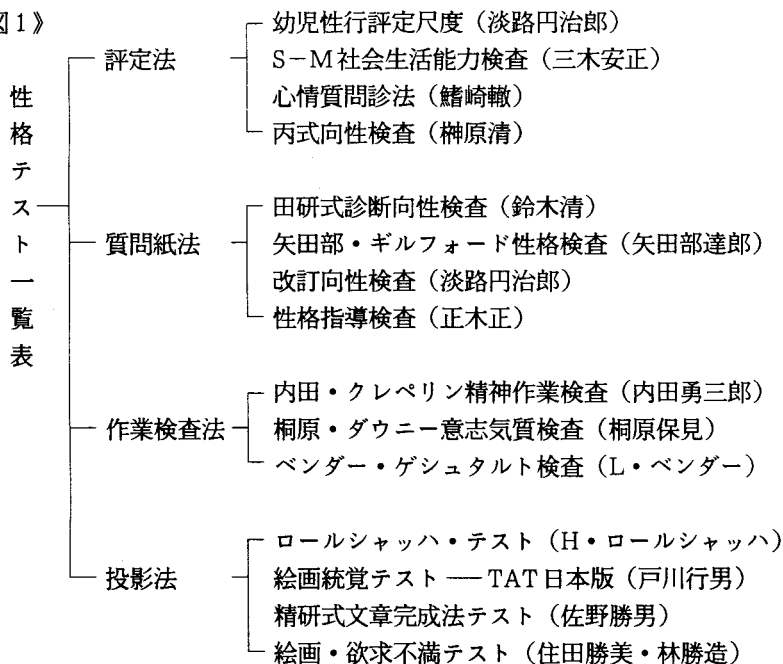
ある人など、けっして一様とはいえない。このように人には、それぞれ独自の性格をもっているが、同時にまた、性格にあるタイプ(型)があるということは、古くから自然に認められている。

現在の心理学においては、そうした性格の捉え方を大きく二つに分け研究がすすめられている。ひとつめの考え方は類型論と呼ばれるもので、性格の典型的な方を示して、多様な性格を分類し、それぞれの構造や特徴を明らかにすることによって、性格の理解を容易にしようとするものである。

ふたつめの考え方は特性論と呼ばれるもので、性格の諸特徴を性格構成の単位とみなし、特性の組み合わせによって性格を記述し、説明しようとするものである。すなわち、それぞれの考え方を要約すると、類型論は人の性格そのものをいくつかのグループに分けようとし、特性論は性格を要素に分けようとする考え方であるといえる。前者の代表的な考え方には、クレッチマーとシュルドンそしてユングの理論であり、後者の代表的な考え方には、キャッテルとアイゼンクの理論などをあげることができる。

このように、ある人の心の特徴である性格をとりあげ測定しようとするものに性格検査がある。これは、一定の手続きによって、ある行動をさせ、その行動の結果を決められた角度から分析し数量化させ、あらかじめつくりだされている標準に照らし合わせ、その人が一般の人と比較して、どの程度のところに位置し、どんな特色をもっているかを明らかにしようとするものである。検査のやり方によっては、質問紙法・投影法・作業検査法・評定法に分類され、つぎの図1に示すように数多くの性格テストが実施されている。

《図1》



そこで、上図の性格検査によって、本校学生の性格特性を第1報で試みたが、第2報ではスポーツ学生と一般学生の比較検討をすすめていくうえで、スポーツマンということは、厳しいトレーニングを積み重ね、ある目的をもってスポーツを継続的に練習し、競技する人という意味でとらえることができる。しかし、スポーツマンを規定することはむずかしく、各研究者においては共通して、運動を実施する学生をスポーツ学生とし、運動を実施しない学生を一般学生で用いていることから、本論に

においては、スポーツ学生を体育クラブ学生と、運動を実施しない学生を一般学生とに分類した。

花田氏たちの大学生を対象としたY-G性格検査からの報告によれば、プロフィールにおいては特徴にあまり差がみられず、統計的に有意差検定を行った結果、I因子（劣等感）、G因子（一般的活動性）、R因子（のんきさ）、A因子（支配性）、S因子（社会的向性）に有為な差が認められている。すなわち、スポーツマンと考えられるスポーツ学生は、一般学生に比較して、活動的であり、社会的優位性や支配欲が強く、外向的であるが、やや衝動的な面をもっている。

そこでスポーツマンの性格特性を理解する方法としては、質問紙法・作業検査法・投影法が多く用いられている。そのうち質問紙法には数多くの性格テストが作成されており、図1に示した各種向性検査、Y-G（矢田部・ギルフォード性格検査）や、M・M・P・I（ミネソタ多面性人格目録）、T・S・P・I（体協スポーツ科学研究委員会人格目録）等がある。筆者は、Y-G性格検査をとおして、一般学生及び体育クラブ学生の傾向性をみるとともに、統計学的にとらえて、因子分析による比較検討の研究に取り組む姿勢である。

II 内容と方法

内容と方法については、次の項目以外は第1報に準ずるので省略します。

A 実施について

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。

なお、質問紙法であるY-G性格検査を使用した理由としては、結果を数量的に扱うことができるので、一般学生・体育クラブ学生の性格特性の傾向性を把握するのに便利であると考えたからである。

B 被検者数とチーム選出方法および処理方法

(イ) 本校学生における第2学年全学科の男女164名を対象に実施した。

一般学生男子38名 体育クラブ学生男子102名

(ロ) 一般学生と体育クラブ学生との性格特性をみていくうえで、まず、一般学生は運動クラブに所属していない者、体育クラブ学生については運動クラブに所属している者とし、さらに個人種目と団体種目に分類し、それぞれ性格特性の傾向性の比較・検討を行った結果、それぞれ下記のようにした。

◎一般学生（38名） 運動クラブに所属していない者

◎体育クラブ学生（102名） 運動クラブに所属している者

◎個人的体育クラブ学生（53名）

ソフトテニス部 卓球部 陸上競技部 柔道部 剣道部 水泳部 空手道部 ワンゲルスキー部
アーチェリー部 テニス部 バドミントン部

◎集团的体育クラブ学生（49名）

野球部 バスケットボール部 バレーボール部 サッカー部 ハンドボール部 ラグビー部
ソフトボール部

C 結果の整理方法

- 1) 特性ごとに粗点の平均値を算出する。
- 2) 特性ごとに個人の粗点を標準点に換算した値から全体の割合を求める。
- 3) 特性群に分類して全体の割合を求める。
- 4) プロフィールから性格型を分類し、全体の割合を求める。

5) 基準点による換算値のうち、1点および5点のものだけを抽出する。

Ⅲ 結果と考察

表1 学生別粗点平均及び標準偏差比較表

一般学生	X. SD	因子別											
	粗点平均	D	C	I	N	O	Co	Ag	G	R	T	A	S
	標準偏差	4.86	4.15	4.43	5.64	3.89	3.76	3.99	3.52	4.25	4.52	3.82	4.93
体育クラブ学生全体	X. SD	因子別											
	粗点平均	9.00	10.49	9.33	10.08	8.99	9.79	11.53	11.16	12.27	9.54	9.25	11.45
	標準偏差	5.19	4.33	4.75	5.14	3.71	4.06	3.64	4.08	4.25	4.45	3.79	4.76
個人的体育	X. SD	因子別											
	粗点平均	9.49	10.68	9.77	10.87	8.89	10.30	11.26	11.32	12.38	9.79	9.26	11.36
	標準偏差	5.02	4.33	4.40	4.97	3.46	3.73	3.35	4.50	4.00	4.44	3.81	4.82
集团的体育	X. SD	因子別											
	粗点平均	8.47	10.29	8.86	9.21	9.10	9.23	11.82	10.98	12.16	9.27	9.22	11.55
	標準偏差	5.32	4.31	5.05	5.19	3.96	4.33	3.91	3.56	4.51	4.44	3.77	4.69

図2(イ) 一般学生

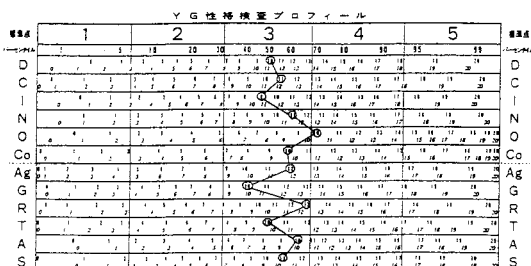


図2(ロ) 体育クラブ学生



図2(ハ) 個人的体育クラブ学生

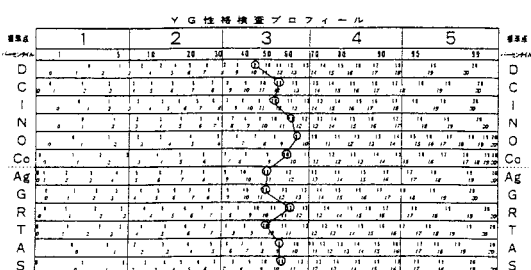


図2(ニ) 集团的体育クラブ学生

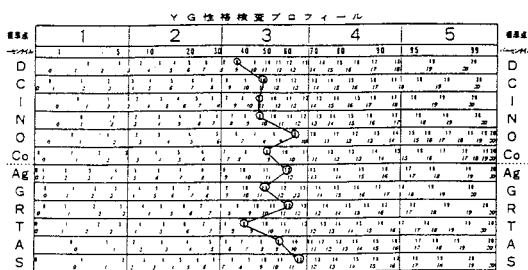


表1については、一般学生及び体育クラブ学生全体さらに個人的種目と集団種目の各因子における粗点平均と標準偏差を比較したもので、結果はつぎのとおりである。

各因子における粗点平均については、一般学生のD因子は、9.74・C因子10.58・I因子9.37・N因子11.37・O因子9.55・Co因子9.87・Ag因子9.89・G因子9.97・R因子12.71・T因子9.58・A因子9.89・S因子11.16である。体育クラブ学生のD因子は9.00・C因子10.49・I因子9.33・N因子10.08・O因子8.99・Co因子9.79・Ag因子11.53・G因子11.16・R因子12.27・T因子9.54・A因子9.25・S因子11.45である。個人的体育クラブ学生のD因子は9.49・C因子10.68・I因子9.77・N因子10.87・

O因子8.89・Co因子10.30・Ag因子11.26・G因子11.32・R因子12.38・T因子9.79・A因子9.26・S因子11.36である。集团的体育クラブ学生のD因子は8.49・C因子10.29・I因子8.86・N因子9.21・O因子9.10・Co因子9.23・Ag因子11.82・G因子10.98・R因子12.16・T因子9.27・A因子9.22・S因子11.55である。

各因子における標準偏差において正（バラツキが大）と認められるのは、一般学生はN因子であり、体育クラブ学生全体はD因子とN因子、個人的体育クラブ学生はD因子、集团的体育クラブ学生はO因子とI因子さらにN因子である。負（バラツキが小）と認められるのは、一般学生はN因子とCo因子・Ag因子・G因子・A因子であり、体育クラブ学生全体はO因子とAg因子さらにA因子、個人的体育クラブ学生はO因子とCo因子・Ag因子・A因子、集团的体育クラブ学生はO因子とAg因子・G因子・A因子である。

また、図2の(イ)から(ロ)については、表1の粗点平均をもとに、それぞれプロフィールに描いたものである。

表2 標準点比較表

標準点及び学生別		因子別	D	C	I	N	O	Co	Ag	G	R	T	A	S
1	一般学生	N= 38	2.36	0.00	5.26	2.63	2.63	5.26	5.26	5.26	2.63	7.89	0.00	2.63
	体育クラブ学生全体	N=102	5.88	3.92	5.88	5.88	1.96	4.90	3.92	3.92	1.96	10.78	2.94	1.96
	個人的体育クラブ学生	N= 53	5.66	0.00	5.66	5.66	3.77	5.66	5.66	5.66	3.77	9.43	1.89	3.77
	集团的体育クラブ学生	N= 49	6.12	8.16	6.12	6.12	0.00	4.08	2.04	2.04	0.00	12.24	4.08	0.00
2	一般学生	N= 38	26.32	28.95	18.42	21.05	10.53	13.16	10.53	28.95	5.26	28.95	13.16	21.05
	体育クラブ学生全体	N=102	28.43	23.53	21.57	22.55	14.71	14.71	16.67	17.65	7.84	22.55	13.73	16.67
	個人的体育クラブ学生	N= 53	20.75	30.19	15.09	16.98	9.43	7.55	11.32	16.98	5.66	20.75	16.98	13.21
	集团的体育クラブ学生	N= 49	36.73	16.33	28.57	28.57	20.41	22.45	22.45	18.37	10.20	24.49	10.20	20.41
3	一般学生	N= 38	47.37	34.21	52.63	34.21	39.47	44.74	44.74	50.00	50.00	28.95	42.11	34.21
	体育クラブ学生全体	N=102	44.12	41.18	45.10	33.33	34.31	43.14	38.24	51.96	47.06	39.22	46.08	35.29
	個人的体育クラブ学生	N= 53	49.06	32.08	50.94	33.96	35.85	47.17	43.40	50.94	47.17	45.28	39.62	37.74
	集团的体育クラブ学生	N= 49	37.78	51.02	38.78	32.65	32.65	38.78	32.65	53.06	46.94	32.65	53.06	32.65
4	一般学生	N= 38	15.79	34.21	23.68	23.68	36.84	34.21	28.95	15.79	23.68	28.95	42.11	31.58
	体育クラブ学生全体	N=102	17.65	25.49	23.53	29.41	43.14	29.41	32.35	21.57	31.37	21.57	34.31	38.24
	個人的体育クラブ学生	N= 53	22.64	33.96	24.53	35.85	47.17	32.08	33.96	16.98	32.08	16.98	37.74	39.62
	集团的体育クラブ学生	N= 49	12.24	16.33	22.45	22.45	38.78	26.53	30.61	26.53	30.61	26.53	30.61	36.07
5	一般学生	N= 38	7.89	2.63	0.00	18.42	10.53	2.63	10.53	0.00	18.42	5.26	2.63	10.53
	体育クラブ学生全体	N=102	3.92	5.88	3.92	8.82	5.88	7.84	8.82	4.90	11.76	5.88	2.94	7.84
	個人的体育クラブ学生	N= 53	1.89	3.77	3.77	7.55	3.77	7.55	5.66	9.43	11.32	7.55	3.77	5.66
	集团的体育クラブ学生	N= 49	6.12	8.16	4.08	10.20	8.16	8.16	12.24	0.00	12.24	4.08	2.04	10.20

表2については、各因子における学生別の標準点を比較したもので、結果はつぎのとおりである。

一般学生について述べると、標準点1については、各因子とも僅少が認められた。標準点2については、D因子・C因子・G因子・T因子に高い水準を示し、O因子・Co因子・Ag因子・R因子・A因子に僅少が認められた。標準点3については、各因子とも高い水準を示し、さらにD因子・I因子・Co因子・Ag因子・G因子・R因子・A因子についてはかなり高い水準が認められた。標準点4については、C因子・O因子・Co因子・Ag因子・T因子・A因子・S因子に高い水準を示し、さらにA因子については、かなり高い水準が認められた。標準点5については、N因子・R因子を除く全ての因子に僅少が認められた。上述の結果、一般学生の特徴を述べると、プラス傾向（高スコアの場合）にある因子はC因子・N因子・O因子・Co因子・Ag因子・R因子・T因子・A因子・S因子であり、

マイナス傾向（低スコアの場合）にある因子はD因子・C因子・G因子・T因子である。

体育クラブ学生全体について述べると、標準点1については、各因子とも僅少が認められた。標準点2については、D因子に高い水準を示し、R因子・A因子に僅少が認められた。標準点3については、各因子とも高い水準を示し、さらにD因子・C因子・I因子・Co因子・G因子・R因子・A因子についてはかなり高い水準が認められた。標準点4については、O因子にかなり高い水準を示し、C因子・N因子・Co因子・Ag因子・R因子・A因子・S因子については高い水準が認められた。標準点5については、各因子とも僅少が認められた。上述の結果、体育クラブ学生の特徴を述べると、プラス傾向（高スコアの場合）にある因子はC因子・I因子・N因子・O因子・Co因子・Ag因子・R因子・A因子・S因子であり、マイナス傾向（低スコアの場合）にある因子はD因子・C因子・I因子・N因子・T因子である。

個人的体育クラブ学生について述べると、標準点1については、各因子とも僅少が認められた。標準点2については、C因子に高い水準を示し、O因子・Co因子・Ag因子・R因子・S因子に僅少が認められた。標準点3については、各因子とも高い水準を示し、さらにD因子・I因子・Co因子・Ag因子・G因子・R因子・T因子についてはかなり高い水準が認められた。標準点4については、O因子にかなり高い水準を示し、C因子・N因子・Co因子・Ag因子・R因子・A因子・S因子には高い水準が認められた。標準点5については、各因子とも僅少が認められた。上述の結果、個人的体育クラブ学生の特徴を述べると、プラス傾向（高スコアの場合）にある因子はC因子・I因子・N因子・O因子・Co因子・Ag因子・R因子・A因子・S因子であり、マイナス傾向（低スコアの場合）にある因子はD因子・C因子・T因子である。

集团的体育クラブ学生について述べると、標準点1については、各因子とも僅少が認められた。標準点2については、C因子・I因子・N因子に高い水準を示し、R因子・A因子に僅少が認められた。標準点3については、各因子とも高い水準を示し、さらにG因子・R因子・A因子についてはかなり高い水準が認められた。標準点4については、O因子・Co因子・Ag因子・G因子・R因子・T因子・A因子・S因子に高い水準を示し、D因子に僅少が認められた。標準点5については、各因子とも僅少が認められた。上述の結果、集团的体育クラブ学生の特徴を述べると、プラス傾向（高スコアの場合）にある因子はI因子・N因子・O因子・Co因子・Ag因子・G因子・R因子・T因子・A因子・S因子であり、マイナス傾向（低スコアの場合）にある因子はD因子・I因子・N因子・Co因子・T因子である。

表3 各系統値比較表

学 生 別	人 員	平均	E系統値	C系統値	A系統値	B系統値	D系統値
一般学生	N= 38	X	3.42	2.68	5.18	4.29	3.55
体育クラブ学生全体	N=102	X	3.25	2.75	4.98	4.27	3.77
個人的体育クラブ学生	N= 53	X	3.40	2.42	5.11	4.47	3.51
集团的体育クラブ学生	N= 49	X	3.10	3.10	4.84	4.06	4.06

表3については、表2の学生別標準点をもとに、それぞれ各系統値（E・C・A・B・D）の平均値を算出し比較したもので、結果はつぎのとおりである。

E系統値について述べると、一般学生3.42、体育クラブ学生全体3.52、個人的体育クラブ学生3.40、集团的体育クラブ学生3.10であり、それぞれ高い数値が認められた。

C系統値について述べると、一般学生2.68、体育クラブ学生全体2.75、個人的体育クラブ学生2.42、集团的体育クラブ学生3.10であり、集团的体育クラブ学生で高い数値を示し、一般学生及び体育クラブ全体さらに個人的体育クラブ学生においては僅少が認められた。

A系統値について述べると、一般学生5.18、体育クラブ学生全体4.98、個人的体育クラブ学生5.11、

集团的体育クラブ学生4.84であり、それぞれ高い数値が認められた。

B系統値について述べると、一般学生4.29、体育クラブ学生全体4.27、個人的体育クラブ学生4.47、集团的体育クラブ学生4.06であり、それぞれ高い数値が認められた。

D系統値について述べると、一般学生3.55、体育クラブ学生全体3.77、個人的体育クラブ学生3.51、集团的体育クラブ学生4.06であり、それぞれ高い数値を示し、中でも集团的体育クラブ学生においては顕著である。

表4 類型判定比較表

一般学生 (N=38)									体育クラブ学生全体 (N=102)								
類	型	典型	準型	混合型	出現率	類	型	典型	準型	混合型	出現率	類	型	典型	準型	混合型	出現率
A	8	A	4	A'	1	A''	3	21.05 %	A	22	A	3	A'	8	A''	11	21.57 %
B	11	B	2	B'	3	AB	6	28.95 %	B	31	B	7	B'	16	AB	8	30.39 %
C	2	C	0	C'	2	AC	0	5.26 %	C	10	C	6	C'	2	AC	2	9.80 %
D	9	D	2	D'	5	AD	2	23.68 %	D	25	D	6	D'	12	AD	7	24.51 %
E	8	E	3	E'	5	AE	0	21.05 %	E	14	E	4	E'	7	AE	3	36.84 %
出現率		28.95 %	42.11 %	28.95 %		出現率		25.49 %	44.12 %	30.39 %		出現率		25.49 %	44.12 %	30.39 %	

個人的体育クラブ学生 (N=53)									集团的体育クラブ学生 (N=49)								
類	型	典型	準型	混合型	出現率	類	型	典型	準型	混合型	出現率	類	型	典型	準型	混合型	出現率
A	16	A	2	A'	7	A''	7	30.19 %	A	6	A	1	A'	1	A''	4	12.24 %
B	17	B	5	B'	9	AB	3	32.08 %	B	14	B	2	B'	7	AB	5	28.57 %
C	3	C	1	C'	1	AC	1	5.66 %	C	7	C	5	C'	1	AC	1	14.29 %
D	10	D	3	D'	6	AD	1	18.87 %	D	15	D	3	D'	6	AD	6	30.61 %
E	7	E	2	E'	4	AE	1	13.21 %	E	7	E	2	E'	3	AE	2	14.29 %
出現率		24.53 %	50.94 %	24.53 %		出現率		26.53 %	36.73 %	36.73 %		出現率		26.53 %	36.73 %	36.73 %	

表4については、学生別における類型判定及び出現率を比較したもので、結果はつぎのとおりである。

◇ 典型について述べると、一般学生28.95%、体育クラブ学生全体25.49%、個人的体育クラブ学生24.53%、集团的体育クラブ学生26.53%であり、僅差であるが一般学生に高い数値が認められた。

◇ 準型について述べると、一般学生42.11%、体育クラブ学生全体44.12%、個人的体育クラブ学生50.94%、集团的体育クラブ学生36.73%であり、それぞれかなり高い数値が認められた。

◇ 混合型について述べると、一般学生28.95%、体育クラブ学生全体30.39%、個人的体育クラブ学生24.53%、集团的体育クラブ学生36.73%であり、体育クラブ学生全体及び集团的体育クラブ学生に30%以上を示す高い数値が認められた。

▽ A類について述べると、一般学生21.05%、体育クラブ学生全体21.57%、個人的体育クラブ学生30.19%、集团的体育クラブ学生12.24%であり、個人的体育クラブ学生に高い数値を示し、集团的体育クラブ学生に僅少が認められた。

▽ B類について述べると、一般学生28.95%、体育クラブ学生全体30.39%、個人的体育クラブ学生32.08%、集团的体育クラブ学生28.57%であり、それぞれ高い数値が認められた。

▽ C類について述べると、一般学生5.26%、体育クラブ学生全体9.80%、個人的体育クラブ学生5.66%、集团的体育クラブ学生14.29%であり、それぞれ僅少が認められた。

▽ D類について述べると、一般学生23.68%、体育クラブ学生全体24.51%、個人的体育クラブ学生18.87%、集团的体育クラブ学生30.61%であり、集团的体育クラブ学生に高い数値が認められた。

▽ E類について述べると、一般学生21.05%、体育クラブ学生全体13.73%、個人的体育クラブ学生

13.21%, 集团的体育クラブ学生14.29%であり, 体育クラブ学生全体及び個人的体育クラブ学生ならびに集团的体育クラブ学生に僅少が認められた。

表5 性格特徴比較表

学生別 特徴別		一般学生 N=38	体育クラブ学生全体 N=102	個人的体育クラブ学生 N=53	集团的体育クラブ学生 N=49
情緒安定性	安定	7 (18.42)	27 (26.47)	11 (20.75)	16 (32.65)
	平均	11 (28.95)	38 (37.25)	18 (33.96)	20 (40.82)
	不安定	20 (52.63)	37 (36.27)	24 (45.28)	13 (26.53)
社会的適応性	適応	2 (5.26)	9 (8.82)	4 (7.55)	5 (10.20)
	平均	20 (52.63)	42 (41.18)	22 (41.51)	20 (40.82)
	不適応	16 (42.11)	51 (50.00)	27 (50.94)	24 (48.98)
活動性	積極	13 (34.21)	38 (37.25)	20 (37.74)	18 (36.73)
	平均	14 (36.84)	40 (39.22)	22 (41.51)	18 (36.73)
	消極	11 (28.95)	24 (23.53)	11 (20.75)	13 (26.53)
内省性	外向	17 (44.74)	42 (41.18)	21 (39.62)	21 (42.86)
	平均	11 (28.95)	37 (36.27)	22 (41.51)	15 (30.61)
	内向	10 (26.32)	23 (22.55)	10 (18.87)	13 (26.53)
主導性	積極	17 (44.74)	51 (50.00)	28 (52.83)	23 (46.94)
	平均	11 (28.95)	28 (27.45)	12 (22.64)	16 (32.65)
	消極	10 (26.32)	23 (22.55)	13 (24.53)	10 (20.41)

表5については, 学生別の性格特徴を比較したもので, 結果はつぎのとおりである。

◎ 情緒安定性について述べると, 安定については一般学生18.42%, 体育クラブ学生全体26.47%, 個人的体育クラブ学生20.75%, 集团的体育クラブ学生32.65%であり, 体育クラブ全体と集团的体育クラブ学生に数値の傾向が大であり, 一般学生と個人的体育クラブ学生に数値の傾向が小であることが認められた。平均については一般学生28.95%, 体育クラブ学生全体37.25%, 個人的体育クラブ学生33.96%, 集团的体育クラブ学生40.82%であり, それぞれ数値の傾向が大であり, 中でも集团的体育クラブ学生においては, 極めて数値の傾向が大であることが認められた。不安定については一般学生52.63%, 体育クラブ学生全体36.27%, 個人的体育クラブ学生45.28%, 集团的体育クラブ学生26.53%であり, それぞれ数値の傾向が大であり, 中でも一般学生と個人的体育クラブ学生においては, 極めて数値の傾向が大であることが認められた。

◎ 社会的適応性について述べると, 適応については一般学生5.26%, 体育クラブ学生全体8.82%, 個人的体育クラブ学生7.55%, 集团的体育クラブ学生10.20%であり, それぞれ数値の傾向が僅少であることが認められた。平均については一般学生52.63%, 体育クラブ学生全体41.18%, 個人的体育クラブ学生41.51%, 集团的体育クラブ学生40.82%であり, それぞれ数値の傾向が極めて大であることが認められた。不適応については一般学生42.11%, 体育クラブ学生全体50.00%, 個人的体育クラブ学生50.94%, 集团的体育クラブ学生48.98%であり, それぞれ数値の傾向が極めて大であることが認められた。

◎ 活動性について述べると, 積極については一般学生34.21%, 体育クラブ学生全体37.25%, 個人的体育クラブ学生37.74%, 集团的体育クラブ学生36.73%であり, それぞれ数値の傾向が大であることが認められた。平均については一般学生36.84%, 体育クラブ学生全体39.22%, 個人的体育クラブ学生41.51%, 集团的体育クラブ学生36.73%であり, それぞれ数値の傾向が大であり, 中でも個人的体育クラブ学生においては, 極めて数値の傾向が大であることが認められた。消極については一般学生28.95%, 体育クラブ学生全体23.53%, 個人的体育クラブ学生20.75%, 集团的体育クラブ学生26.53%

%であり、一般学生と集团的体育クラブ学生に数値の傾向が大であり、体育クラブ学生全体と個人的体育クラブ学生に数値の傾向が小であることが認められた。

◎ 内省性について述べると、外向については一般学生44.74%、体育クラブ学生全体41.18%、個人的体育クラブ学生39.62%、集团的体育クラブ学生42.86%であり、それぞれ数値の傾向が大であり、中でも一般学生及び体育クラブ学生ならびに集团的体育クラブ学生においては、極めて数値の傾向が大であることが認められた。平均については、一般学生28.95%、体育クラブ学生全体36.27%、個人的体育クラブ学生41.51%、集团的体育クラブ学生30.61%であり、それぞれ数値の傾向が大であり、中でも個人的体育クラブ学生においては、極めて数値の傾向が大であることが認められた。内向については一般学生26.32%、体育クラブ学生全体22.55%、個人的体育クラブ学生18.87%、集团的体育クラブ学生26.53%であり、一般学生と集团的体育クラブ学生に数値の傾向が大であり、体育クラブ学生全体と個人的体育クラブ学生に数値の傾向が小であることが認められた。

◎ 主導性について述べると、消極については一般学生44.74%、体育クラブ学生全体50.00%、個人的体育クラブ学生52.83%、集团的体育クラブ学生46.94%であり、それぞれ数値の傾向が極めて大であることが認められた。平均については一般学生28.95%、体育クラブ学生全体27.45%、個人的体育クラブ学生22.64%、集团的体育クラブ学生32.65%であり、一般学生及び体育クラブ学生全体ならびに集团的体育クラブ学生に数値の傾向が大であり、個人的体育クラブ学生に数値の傾向が小であることが認められた。消極については一般学生26.32%、体育クラブ学生全体22.55%、個人的体育クラブ学生24.53%、集团的体育クラブ学生20.41%であり、一般学生に数値の傾向が大であり、体育クラブ学生全体及び個人的体育クラブ学生ならびに集团的スポーツ学生に数値の傾向が小であることが認められた。

IV 総括

表1及び図2・3から述べると、一般学生と体育クラブ学生全体について比較すると、C・I・Co・Ag・T尺度の差は顕著ではないが、一般学生は情緒不安定性・社会的不適応性・非活動性・内省性を示し、体育クラブ学生全体は情緒安定性・社会的適応性・活動性・外向性を示している。このように体育クラブ学生全体について一般学生と比較すると「抑うつ性は少ない」「神経質でない」「主観的でない」「活動的である」「のんきでない」「支配性が少ない」「社会的外向」である。

また野口氏らが北九州地方の大学の男子運動部員についての調査研究によると、運動部学生は一般学生にくらべて「のんきである」「活動的である」「劣等感が少ない」「神経質でない」「攻撃的である」と報告している。このことは本校学生との間に運動経験年数・地域・運動種目などの差異から生じていると考えられる。

同じく個人的体育クラブ学生と集团的体育クラブ学生について比較すると、O・G・R・A尺度の差は顕著ではないが、個人的体育クラブ学生は情緒不安定性・非活動性・外向性・非主導性を示し、集团的体育クラブ学生は、情緒安定・活動性・内向性・主導性を示している。このように個人的体育クラブ学生については「抑うつ性が大い」「気分の変化が大い」「劣等感が大い」「神経質である」「非協調的である」「攻撃的でない」「思考的外向である」であり、集团的体育クラブ学生については「抑うつ性が小さい」「気分の変化が小さい」「劣等感が小さい」「神経質でない」「協調的である」「攻撃的である」「思考的内向である」「社会的外向である」と認められた。

また、類型判定の結果から傾向性を見るためにそれぞれの出現率の高い順に述べると、一般学生はB類→D類→A類→E類→C類、体育クラブ学生全体はE類→B類→D類→A類→C類、個人的体育クラブ学生はB類→A類→D類→E類→C類、集团的体育クラブ学生はD類→B類→C類→E類→A類を示し、一般学生はB類D類、体育クラブ学生全体はE類B類、個人的体育クラブ学生はB類A類、

集团的体育クラブ学生はB類E類に偏る傾向が認められた。

以上、本論においては、一般学生及び体育クラブ学生にあらわれる性格特徴を問題としたが、次報においては、スポーツを競技型・球技型などのように類型別にしたリ、スポーツ種目別やポジション別等に分けたり、性格特性をある範囲に限定し、共通性・信頼性・妥当性についての検討をすすめていきたい。

最後に、この稿をなすにあたって、調査及びご指導いただきました正野崎教官に感謝するとともに、御礼申し上げます。

V 参考文献

- 1) 新性格検査法 - Y・G性格検査実施・応用・研究手引き - 辻岡 美延 著
- 2) スポーツ心理学概論 日本スポーツ心理学会 編
- 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) 体育科教育 11月増刊号 - 現代における健康とはなにか - 大修館書店
- 6) スポーツマンの性格 小林 晃夫 編
- 7) スポーツマン科学講座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 - 企業におけるY・Gテストの応用と事例 - 江口 恒男 著
- 9) スポーツマンの性格 花田 敬一・竹村 昭・藤善 尚憲 共著
- 10) 改訂版 人間への心理学的アプローチ 大山 正博 編
- 11) 性格のはなし - 心理学者との対話 - 片口 安史 著
- 12) こころのしくみ - 現代教養心理学 - 板倉 昭二 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 - その技法と理論 - ウィルヘルム・ライヒ 著 小此木 啓吾 訳
- 15) 健康と体力 文部省体育局 監修
- 16) 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
- 17) 新・性格検査法 - モーズレイ性格検査 - MPI研究会 編
- 18) 行動と深層の心理学 山 祐嗣・山 愛美 共著
- 19) 心理学入門講座 新版6 - 性格 - 依田 新編・詫摩 武俊・依田 明 編
- 20) 性格心理学 詫摩 武俊 編
- 21) 現代教育心理学 教育心理編集委員 責任編集 山根 薫
- 22) 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
- 23) 改訂 体育心理 伊藤 正 著
- 24) 性格は変えられるか - 個性カウンセリング入門 - 詫摩 武俊・星野 命 編
- 25) 呉高専研究報告 Vol.30, No.1 石嶋 篤司・榎 孝雄

(平成7年4月17日受付)

X' 理論に関する一考察

(一般科目) 川 尻 武 信

A Study of the X-bar Theory

(Department of General Education) Takanobu KAWAJIRI

This paper attempts to deal with how relevant the X-bar theory is. First, we discuss the three levels of adequacy for grammars—observational, descriptive and explanatory adequacies—Chomsky proposed. We, then, examine at what level of adequacy the X-bar theory attains.

Key Words: X-bar theory, observational adequacy, descriptive adequacy,
explanatory adequacy
X' 理論, 観察の妥当性, 記述の妥当性,
説明の妥当性

First, we have to clarify what descriptive and explanatory adequacy are. Adequacy has been used to refer to part of the evaluation of levels of success in the creation of grammars. Chomsky has proposed three levels of adequacy for grammars. The first level of adequacy is observational adequacy. This adequacy is achieved when a grammar of a language correctly specifies which sentences are syntactically, semantically, morphologically, and phonologically well-formed in the language.

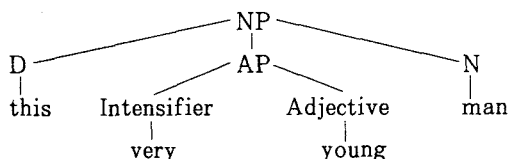
A higher level of adequacy is descriptive adequacy. At this level, a grammar of a language goes beyond the first level and properly describes the syntactic, semantic, morphological, and phonological structure of the sentences in the language in such a way to provide a principled account of the native speaker's intuitions about this structure.

The third adequacy is called explanatory adequacy. The adequacy is attained when a linguistic theory provides a descriptively adequate grammar for every natural language in terms of a maximally constrained set of universal principles which represent psychologically plausible natural principles of mental computation. A theory that selects the best available descriptively adequate grammar for a particular language is explanatorily adequate. This kind of theory must be universally valid, psychologically real, and maximally constrained.

We will now consider the X-bar theory. This theory is one of the sub-theories of the government-binding theory. Proponents of the X-bar theory raised an objection to Phrase Structure Syntax because two levels of categories (i. e. word-level categories and phrase-level

categories) are not sufficient. There exists a third type of category intermediate between word-level and phrase-level categories. This category is larger than the word but smaller than the phrase.

We can argue in favour of positing that the third type of category exists by providing some evidence. Let's look at the internal structure of the Noun Phrase: *this very young man*. According to the traditional Phrase Structure Syntax, this phrase would be analysed in the following way.



What we can notice in this analysis is that the string *very young man* is not a constituent. But this is not right. First, the string can undergo ordinary coordination with another similar string, as in the following sentence:

He is a *very young man* and *very strict vegetarian*.

A string is a constituent if it can be conjoined with another similar string. Secondly, the string can serve as the antecedent of the proform *one* in the following sentence:

She prefers this very young man to that *one*.

The proform *one* can either mean 'very young man' or 'man'. The first interpretation shows that the antecedent of *one* is the string *very young man*. The string is a constituent because it can serve as the antecedent of a proform. By the above-mentioned evidence, we can claim that the sequence *very young man* is a constituent.

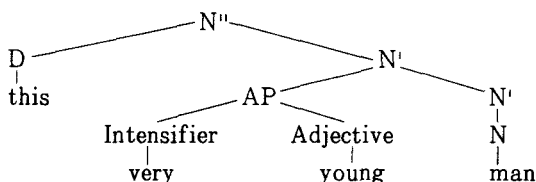
However, what type of category is 'very young man'? Is it Noun Phrase (NP)? This is not correct because sequences like *very young man* do not have the same distribution as a typical NP like *this very young man*, as in:

- (a) { This very young man } is my father.
 { *Very young man }
- (b) I love { this very young man }
 { *very young man }

In the same way, it is not proper to regard the sequence as Noun (N). It follows, therefore, that a phrase like *very young man* is an intermediate category which is larger than N but smaller than NP. This phrase has no status within the Phrase Structure Syntax.

What label can we attach the phrase 'very young man'? According to the X-bar framework, there is more than one phrasal expansion of any given lexical category X: Given a lexical category, X, X^0 , X^1 , \bar{X} = 'X with no bars'; X^1 , X^1 , \bar{X} = 'X-bar'; X^2 , X^2 , \bar{X} = 'X-double-bar'; and so on.

The string *this very young man* is analysed in the following way:



The tree illustrates two levels of expansion for N :N-bar and N-double-bar. In the case of the string *the king of England*, we can also have evidence for the X-bar Syntax theory, using diagnostics for constituent structure. The structure can be represented as follows:

[N" the [N' [N king] of England]]

What we have considered so far might be at descriptive adequacy. Native speakers may think that there is a constituent larger than N but smaller than NP but they cannot verify its existence unless they have linguistic knowledge. It is the X-bar Syntax theory which can provide a principled account of its existence.

It is important to notice that the X-bar Syntax can be generalised to other types of constituent as well. For example, we can find that there are intermediate constituents larger than Adjective (A) but smaller than Adjectival Phrase (AP):

[A" very [A' [A fond] of cats]]

The same thing can be found in other categories, as in:

(a) Adverbial Phrase (ADVP): [ADV" quite [ADV' [ADV differently] to this fact]]

(b) Prepositional Phrase (PP): [P" right [P' [P on] the desk]]

(c) Verb Phrase (VP): [V" have been [V' [V riding] a bicycle]]

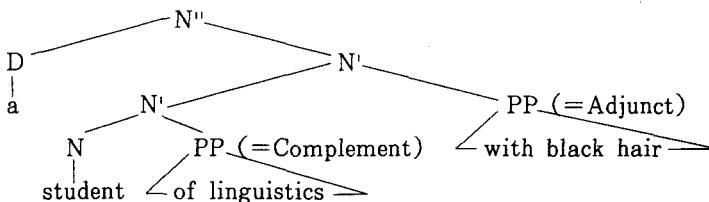
We shall return to an example of NP *the king of England*. The postnominal PP *of England* expands the head Noun *king* into the N-bar *king of England*, and the Determiner *the* expands the N-bar *king of England* into the N-double-bar *the king of England*.

The important thing about postnominal PPs is that not all of them have the same constituent structure function. Let's look at the following example:

a student of linguistics with black hair

The PP *of linguistics* is the Complement of *student* while the PP *with black hair* is the Adjunct. The former has a closer relation to its head *student*. The NP *a student of linguistics* can be paraphrased in the way *linguistics* functions as the Complement of the verb *study*. On the other hand, the latter simply provides additional information to the head *student*. We cannot, therefore, coordinate Complement PP and Adjunct PP (e. g. *a student [of linguistics] and [with black hair]).

The phrase *a student of linguistics with black hair* can be analysed in the following way:



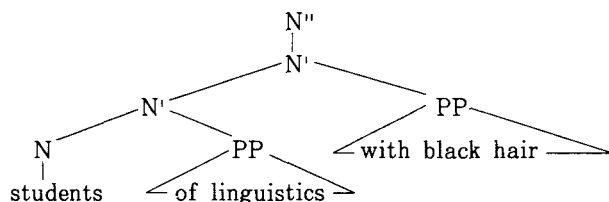
Here we can claim the following facts:

- (a) Determiners expand N-bar into N-double-bar
- (b) Adjuncts expand N-bar into N-bar
- (c) Complements expand N into N-bar

We can also see from the above tree that Adjuncts are sisters of N-bar while Complements

are sisters of N. This illustrates that Complements have a closer connection to the head than Adjuncts (e. g. *a student [with black hair] [of linguistics]). This can be reinforced by the 'no crossing of branches' restriction. This restriction states that postnominal Complements should precede postnominal Adjuncts.

Determiners, Adjuncts and Complements are all optional constituents of NP. The tree of NP without a determiner *students of linguistics with black hair* can be shown like this:

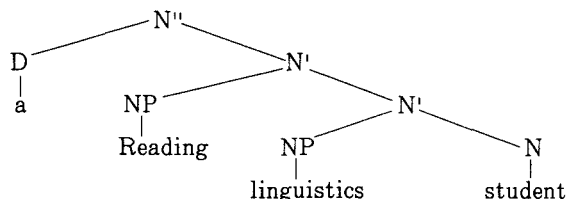


The examples *a student of linguistics*, *a student with black hair* and *a student* display the optionality of Complements and Adjuncts. We have the following Phrase Structure Rules:

- (i) $N'' \rightarrow (D) N'$ [Determiner Rule]
- (ii) $N'' \rightarrow NP N'$ [Adjunct Rule: *optional*]
- (iii) $N' \rightarrow (NP) N$ [Complement Rule]

An important difference between the Adjunct Rule and the Complement Rule is that the Adjunct Rule is recursive (e. g. *a student with black hair with short legs*) while the Complement Rule is non-recursive (e. g. **a student of linguistics of psychology*).

We can also find a parallel structural distinction for premodifiers between Complement NP and Attribute NP. For example, *a Reading linguistics student* can be analysed in the following way:



Therefore we can have the same Phrase Structure Rules except the fact that there is an Attribute Rule instead of the Adjunct Rule.

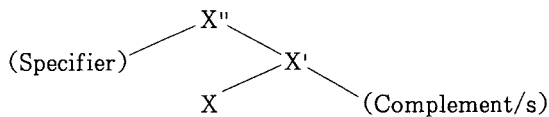
- (i) $N'' \rightarrow (D) N'$ [Determiner Rule]
- (ii) $N'' \rightarrow NP N'$ [Attribute Rule: *optional*]
- (iii) $N' \rightarrow (NP) N$ [Complement Rule]

However, Attributes are the prenominal counterpart of Adjuncts. Furthermore, we can combine two Attribute Rules (e. g. $N' \rightarrow NP N'$ [Attribute Rule: *optional*], $N' \rightarrow AP N'$ [Attribute Rule: *optional*]) because N and A form a supercategory of [+N]. In order to cover this possibility, we need to generalise a revised Attribute Rule: $N' \rightarrow [+NP] N'$ [Attribute Rule: *optional*]. We can summarise the rules we have dealt with as follows:

- (i) $N'' \rightarrow (D) N'$ [Determiner Rule]
- (ii) (a) $N' \rightarrow N' PP$ [Adjunct Rule: *optional*]
 (b) $N' \rightarrow [+NP] N'$ [Attribute Rule: *optional*]
- (iii) (a) $N' \rightarrow N (PP)$ [PP Complement Rule]
 (b) $N' \rightarrow (NP) N$ [NP Complement Rule]

Under the X-bar framework, we have considered NP in some detail. As mentioned earlier, we can find a broad structural symmetry across categories. The following schema can explain the structural symmetry: Specifier + Head + Complement. Specifiers are regarded as combining with a single-bar category to form the related double-bar category. For example, *this* is the Specifier of the phrase *this very young man*, *very* is the Specifier of the phrase *very fond of cats* and so on. We are moving to explanatory adequacy from descriptive adequacy because attempts have been made to find as many universal phenomena of a particular as possible. These attempts may be considered a first step to the Universal Grammar.

From the structural parallelism between the various different types of phrases we can make a more general schema below:



X is a category variable which represents any major word-level category like N, V, P, A, ADV and so on. This schema allows the statement of generalisations across categories. Any simple word-level category X has two different types of phrasal expansion (or bar projection), that is, a single-bar projection and a double-bar projection. A head is a fundamental and central unit. The phrase is considered a projection of the head. There are two levels of projection. The highest level of projection is called the maximal projection (e. g. NP is the maximal projection of N).

We can also generalise the Categorical Rules we have mentioned. In the case of the Prepositional Complement Rule, we have the following rules:

- (i) $V' \rightarrow V \quad PP$ (e. g. talk with John)
- (ii) $A' \rightarrow A \quad PP$ (e. g. afraid of dogs)
- (iii) $ADV' \rightarrow ADV \quad PP$ (e. g. independently of me)
- (iv) $N' \rightarrow N \quad PP$ (e. g. key to the mystery)
- (v) $P' \rightarrow P \quad PP$ (e. g. from under the table)

We can combine all five rules into the single rule below:

$$X' \rightarrow X \quad PP$$

The above rule should be generalised still further. For example, verbs take various phrasal complements:

- [study English] (V+NP)
- [rely on her help] (V+PP)

[is very happy] (V+AP)
[walk so fast] (V+ADVP)

Other categories such as Adjectives and Prepositions also have various phrasal complements. Therefore, we need to have the next rule by replacing PP (= category constant) by YP (= category variable) in the following way:

$X' \rightarrow X \ YP$

Y has either the same categorial value as X or a different value from X.

However, the revised rule should be modified further. Considering the possibility that X has no Complement or more than one Complement (e. g. A verb takes two NP Complements). We will replace the revised rule by the following rule:

$X' \rightarrow X \ YP^*$

The asterisk is used to indicate any number, possibly none. YP means any number of Phrases of any type (not necessarily all the same type).

In the same way, we can set up the following rules:

- (i) $X'' \rightarrow (YP) \ X'$ (Generalised Specifier Rule)
- (ii) $X' \rightarrow YP \ X'$ (Generalised Attribute Rule)
- (iii) $X' \rightarrow X' \ YP$ (Generalised Adjunct Rule)
- (iv) $X' \rightarrow X \ YP^*$ (Generalised Complement Rule)

These rules are considered category-neutral because they don't contain category constants such as NP, PP and so on. This means that we might impose a universal constraint on all sentence-formation rules. The cross-categorial symmetry principle we have repeated can be included in our Grammar theory in terms of the category-neutral constraint.

In connection with constraint, we have two constraints on Categorial Rules. The first is the Endocentricity Constraint which requires that rules should assign a proper Head to the Phrases they generate. The second is the Modifier Maximality Constraint which specifies that any non-head terms (Modifiers) mentioned in rules must be Maximal Projections. These constraints, which are called rule-constraints, are regarded as universal principles.

What we have examined within the X-bar framework so far may satisfy the main requirements of explanatory adequacy. First, the X-bar can be applied to other languages. The Endocentricity Constraint and the Modifier Maximality Constraint are considered universal principles. Indeed, the Complement Rule is language-specific. But this rule can be universal for both head-first languages (e. g. English) and head-last languages (e. g. Japanese), using the head-first / head-last parameter. Secondly, within the X-bar theory we can meet several constraints. They might be maximally constrained as the Complement Rule shows. Thirdly, the rules of the X-bar theory are so universal and constrained that we may think that we are born with these rules.

However, can the X-bar theory strictly attain explanatory adequacy? It seems that there are several problems. First, how universal across languages is the theory? Are the Endocentricity Constraint and the Modifier Maximality Constraint absolutely universal? Isn't it necessary to make cross-language comparisons? Secondly, the number of the maximal projections

within the same language differs from scholar to scholar, although scholars seek the Universal Grammar. Thirdly, the concentration on the Universal Grammar may lead to less attention to the analyses of particular constructions of a language. This means that we may not fully satisfy what descriptive adequacy should require although explanatory adequacy is at the highest level.

References

1. Radford, A. (1981), *Transformational Syntax*. C.U.P.
2. _____ (1988), *Transformational Grammar*. C.U.P.
3. Sells, P. (1985), *Lectures on Contemporary Syntactic Theories*. C.S.L.T.

(平成7年4月17日受付)

マイクロコンピュータによる搬送ロボットの制御

(機械工学科) 野 原 稔

Operation Control of Moving Robot by Twin Micro Computers

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 and the moving system of object controlled by micro computer, and the micro milling machine, the automatic warehousing and cartesian coordinates robot which were controlled by programable controller.

In this paper, the author used the twin micro computers which could be worked separately and exchange of data each other in order to improve the working speed of the whole system which are controlled by BASIC, and designed the hard and soft ware which could control this mechanism by twin micro computers.

Key Words: Robot, Micro Computer, Operation Control, Simulation

ロボット, マイクロコンピュータ, 制御, シミュレーション

§ 1. 緒言

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、生産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。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や物体の移動を行うローラコンベア、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、自動倉庫および直交座標ロボットを製作し、これらの制御を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。また、これらの機構を動作させる言語として、BASIC言語を使用して機構を動作させた場合、システム全体としての動作が遅くなる傾向があった。

本研究においては、BASIC言語を使用した場合のシステム全体としての動作速度の向上を目的として、マイクロコンピュータを二台使用した。二台のマイクロコンピュータが同時に稼働し、お互いにデータの交換をしながら、データを処理できるような直交座標系による物体の移動機構の製作と、これらを動作させるプログラムを設計したのでこの結果について報告する。

§ 2. 物体の移動システムの構成

図1は、二本のチェーン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

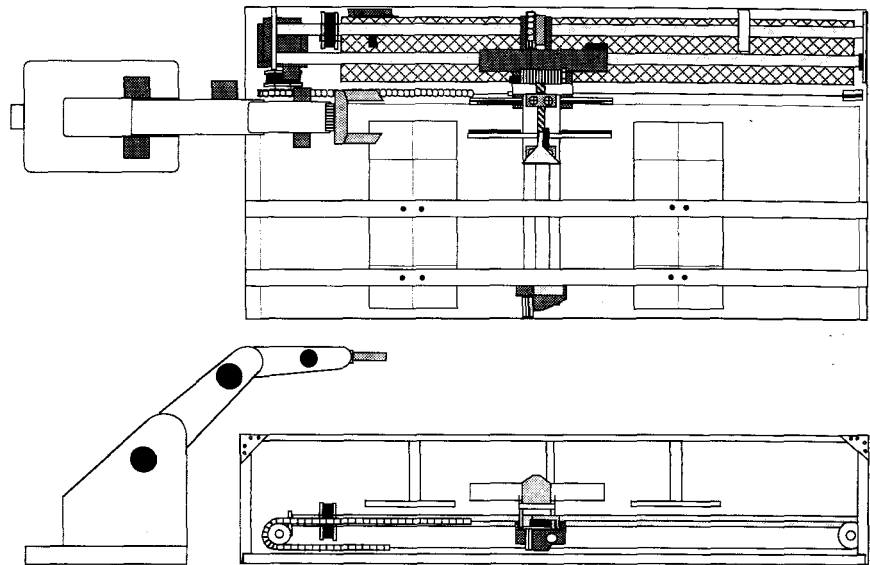


図1 物体の移動システム

テムは、搬送ロボットとアームロボットから構成されている。いま、所定の位置にある物体を目的の位置に移動させる場合、物体の設置してある棚の座標値を入力し、搬送ロボットの駆動方式を決定すると、搬送ロボットは物体のある棚に移動して物体をつかみ所定の位置に戻る。そして、この物体をアームロボットがつかみ、さらに別の目的の位置に物体を移動しようとするものである。

2. 1 搬送ロボットとその構成部品

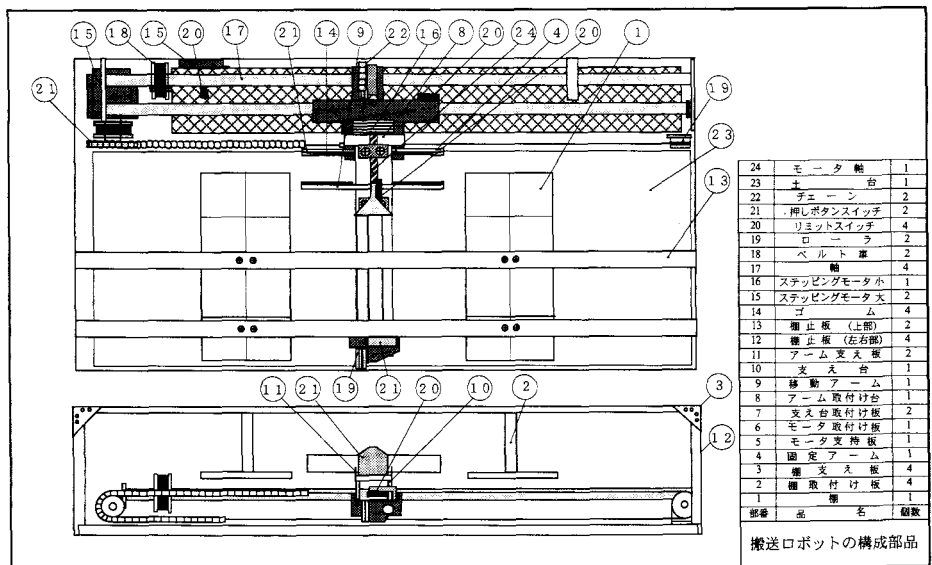


図2 搬送ロボットの構成部品

モータ軸と連結したねじを正回転させると物体をつかみ、逆回転させると物体を離す方式の搬送ロボットを製作した。物体をつかむ部分は左右二箇所あり、左右のどちらでも物体をつかむことが可能な機構とした。また、搬送ロボットを目的の位置に移動させるため、プロッタを応用した二本のチェーンによる移動システムを製作した。この移動システムは、搬送ロボットが自由に移動できるように上部から棚を吊下げており、12個の物体を設置できる棚を設けている。図2は、搬送ロボットとその構成部品を示す。

2.2 アームロボット

搬送ロボットが所定の位置に移動した物体を、さらに別の位置に移動するため、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-G813（以後、PC-G813 とする）のコマンドによって動作させた。

2.3 アームロボットの動作状態

図3は、アームロボットと搬送ロボットの位置およびアームロボットが物体を移動する動作順序を示している。アームロボットは、搬送ロボットのつかんだ物体Aか物体BをC点に移動してホームポジションに帰るため、番号順にしたがって動作する。図に示すアームロボットの状態は、ホームポジションの状態を示している。

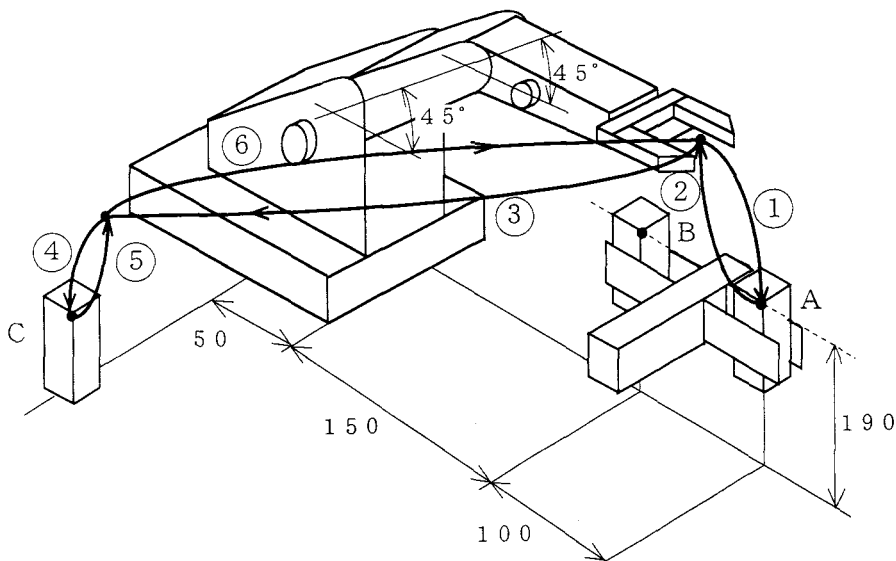


図3 アームロボットと搬送ロボットの位置とその動作順序

§ 3. ハードウェアの構成

3. 1 モータドライバー

この移動システムで使用したモータは、高トルクタイプ（励磁最大トルク $3.2\text{kg}\cdot\text{cm}$ ）のPK254-03A（ユニポーラ2相励磁）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。このモータの制御方法を以下に述べる。

モータを駆動する方法の一つに、駆動専用のIC PMM8713を使用する方法がある。このIC PMM8713は、3相/4相のモータをコントロールするICであり、C-MOSであるため、4~18Vの電源で使用できる。このPMM8713を使用する場合、PC-G813自身をパルスの発生器として使用する方法かあるいは、クロックの発信回路にタイマ用IC555を使用する方法が考えられる。ここでは、タイマ用IC555を使用する方法を利用した。

図4はドライバーの配線図を示しており、IC PMM8713、IC555、抵抗、トランジスタおよびコンデンサ等を結線している。図5は、ドライバー、モータおよび8255ボードの配線図を示している。

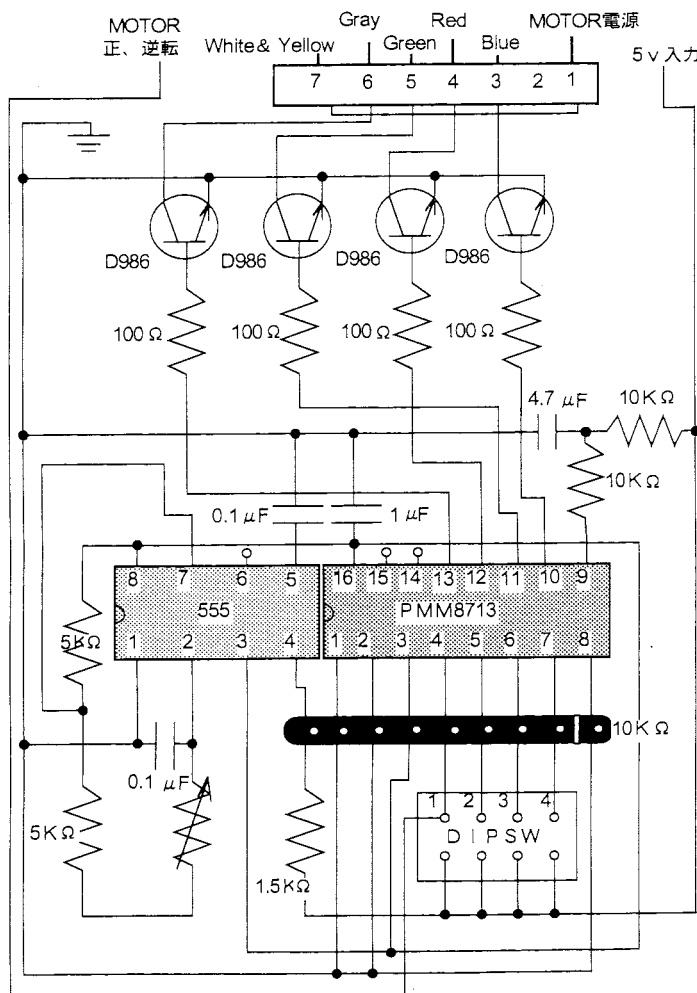


図4 ドライバーの配線図

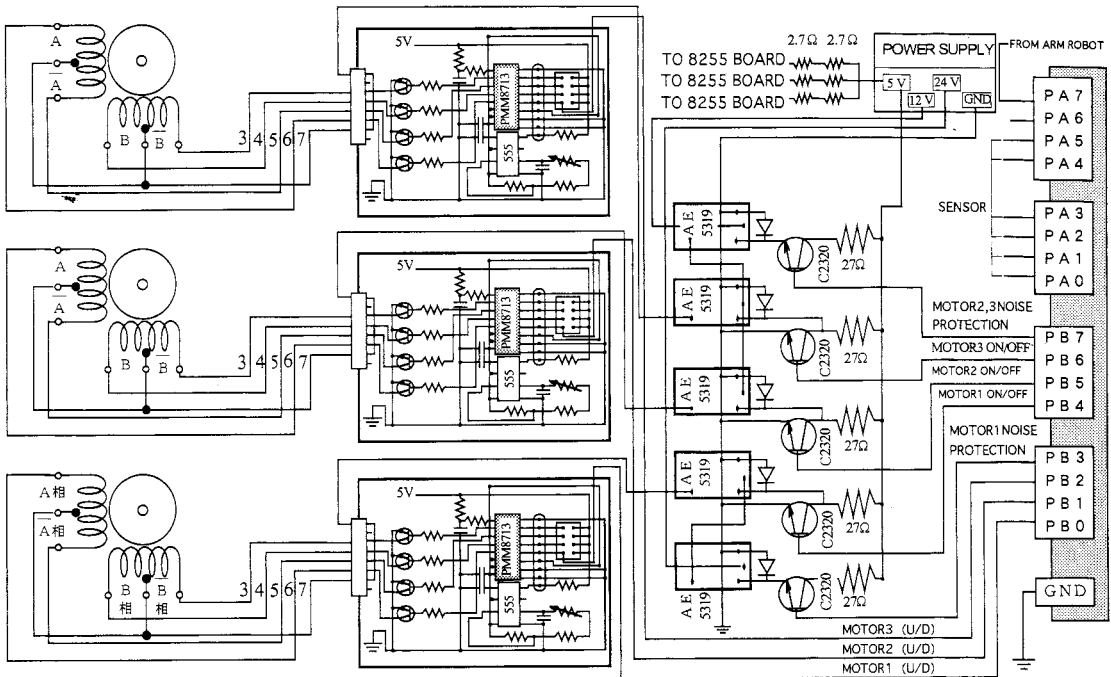


図5 ドライバー、モータおよび8255ボードの配線図

3.2 8255 I/Oボードとシステムの結合

8255は8ビットの入力ポートA, B, Cを持っており、これらのポートは8255を動作させるモードにより、入力ポートにも出力ポートに変更できる。この入出力を決定するためのレジスタにコントロールレジスタがある。この各ポートとコントロールレジスタのアドレスは、ハードウェアによって決定され、それぞれ20H, 21H, 22H, 23Hとなっている。また、8255はモード0, モード1, モード2の三つのモードが用意されている。一般の入出力はモード0, 割り込みの関係した入出力はモード1, マルチCPU等の双方向性I/Oはモード2で行われる。ここでは、PC-G813をBASIC言語を使用して動作させた場合のZ80の動作速度や、動作対象に組み込まれているモータの動作速度を考慮して、8255で使用するモードはモード0とした。このモード0でPC-G813を二台使用することにより、一台を親機、もう一台を子機のような関係とし、親機が子機を管理しながら、二台が同時に動作するようなシステム構成とした。PC-G813一台でシステムを構成した場合、一つの動作を行うプログラムが終了した時点で次の動作を行なうプログラムの実行が可能となる。しかしながら、上記のようなシステムの構成とすれば、親機と子機間でデータを交換しながら同時に異なったプログラムを実行できるため、BASIC言語を使用した場合のZ80の動作速度の遅さをカバーすることが可能となる。図6は、二台のPC-G813を中心とした物体の移動システムの模式図を、図7はその写真を示している。一台のPC-G813は、8255のBポートから出力制御盤を通してドライバーに命令を出し、三つのモータを動作させる役目とセンサの状態を8255のAポートを通して判断する役目を、もう一台のPC-G813は、主として、ミニI/Oボードを通してアームロボットを動作させる役目を持っている。また、二台のPC-G813は8255のAポート（入力）、B, Cポート（出力）によってお互いにデータの交換を行っている。

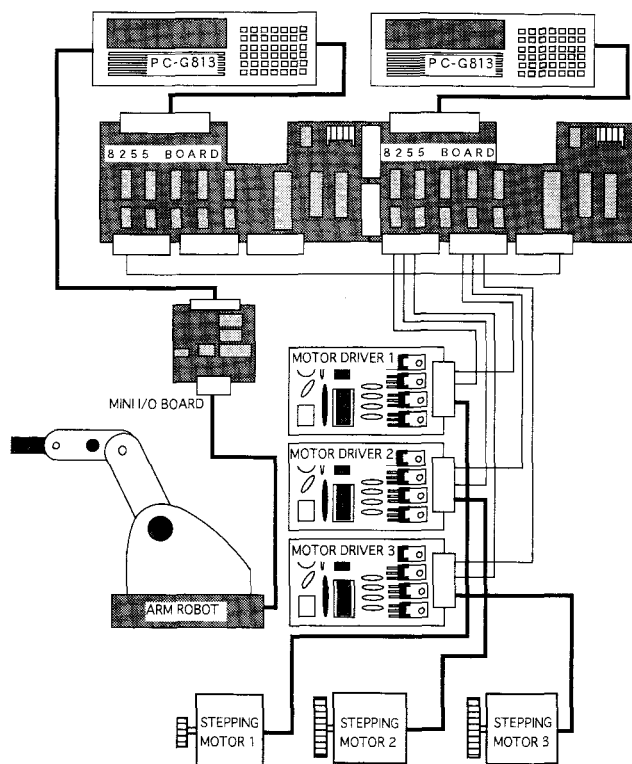


図6 物体の移動システムの模式図

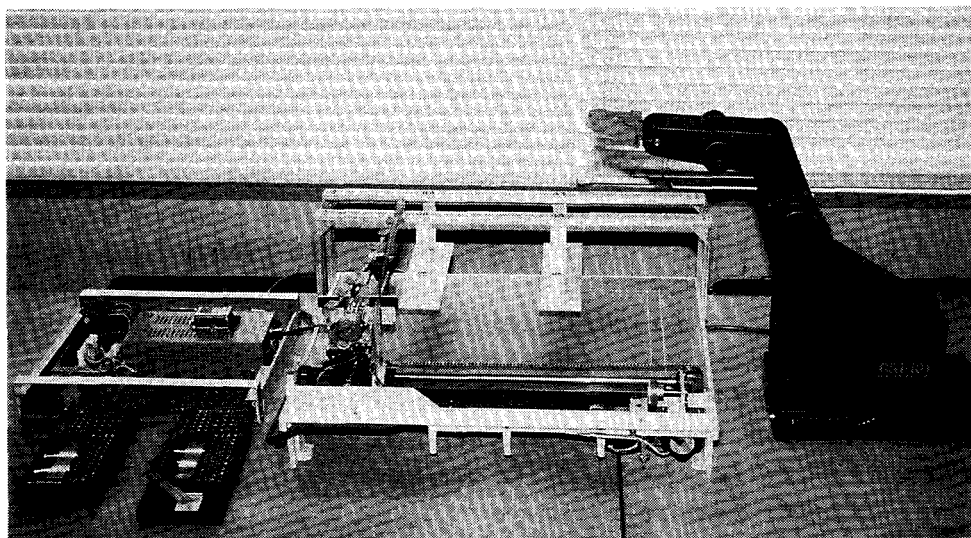


図7 移動システムの全体図

§ 4. ソフトウェアの構成

前述したように、PC-G813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-G813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と、もう一つはミニI/Oポートを使用して機器に対する入出力制御を行う方法である。ここでは、二通りの入出力の制御方法を使用し、BASIC言語によって動作する搬送ロボットのプログラムを作成した。プログラムの作成および保存はパソコンで行った。パソコンで作成したプログラムは、RS-232Cを使用してPC-G813に転送し二台のPC-G813を動作させた。

4.1 プログラム

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の一つは、所定の位置にある物体を目的の位置へ移動させることである。この目的のために、入力された座標値に応じて、搬送ロボットを、物体の置かれている棚の位置に移動する必要がある。アームロボットと搬送ロボットが物体A、Bをつかんだ状態の位置関係を図8(a)に、アームロボットが物体をつかむ前の状態とつかんだ状態を図8(b)(c)に示す。座標値の判別と移動は、ポート制御命令であるINP命令を、モータの駆動時間の設定にIF~THEN命令を使用することによって行った。これによって12の棚に設置された物体をつかんで移動することが可能となる。いま、物体をつかみ目的の位置に移動する一例として、図9に示す番号①、②の二箇所の棚に置かれている物体を移動させるプログラム例を示す。図中に示す太い実線はアームロボットの動きを、細線は物体を移動する搬送ロボットの径路を示している。以上のことを考えて作成したチャート図を図10(a)(b)に、プログラムを図11(a)(b)に示す。

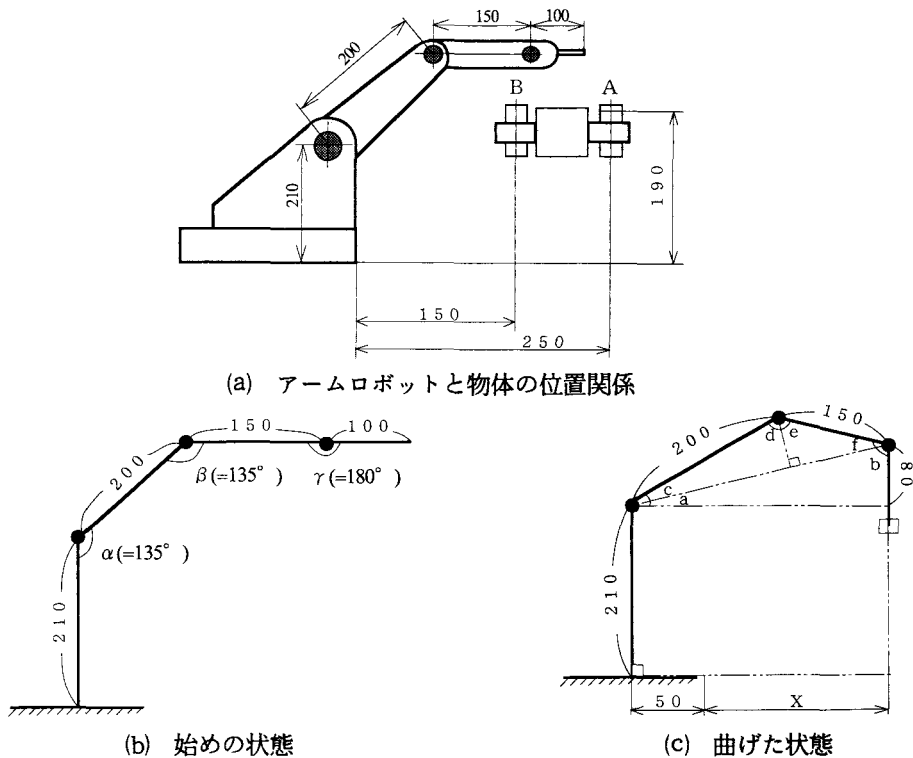


図8 物体をつかむ状態

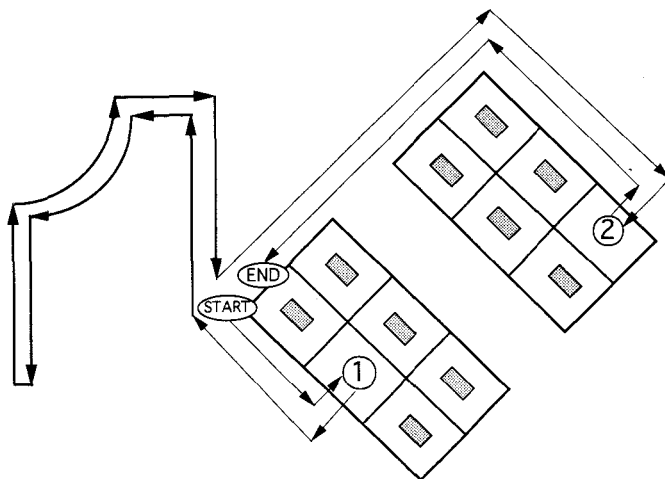
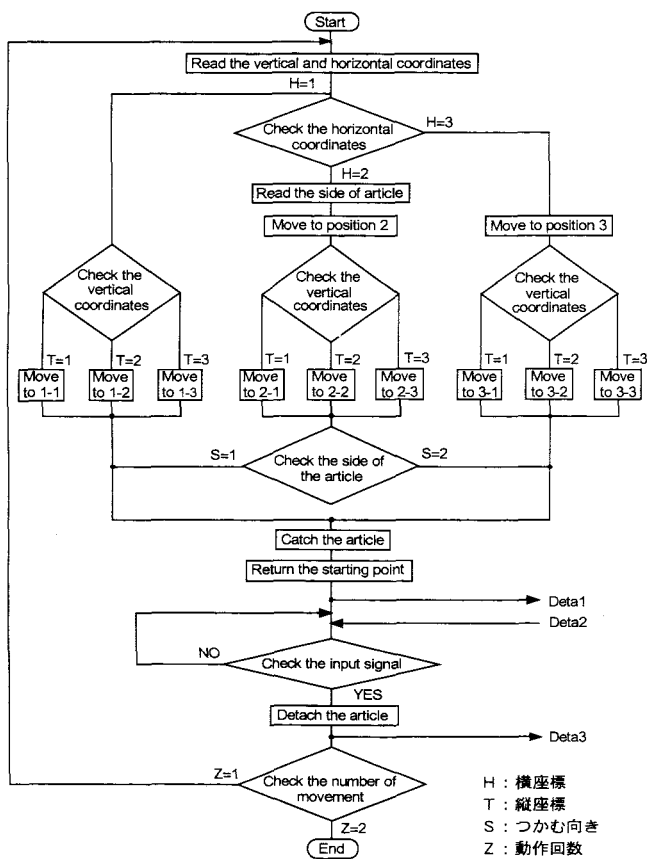
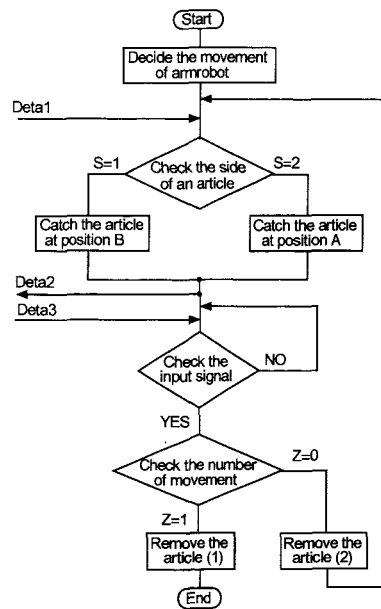


図9 物体の動作状態



(a) 搬送ロボット側



(b) アームロボット側

図10 チャート図

```
10 OUT &H23,&H90
20 A= INP &H20
30 IF A<>220 THEN 730
40 S=0
50 Z=0
60 INPUT "TATE(1'3)",T,"YOKO(1'3)",H
70 IF H=2 THEN 90
80 GOTO 100
90 INPUT "MUKI(1'2)",S
100 IF H=1 THEN 190
110 IF H=2 THEN X=177
120 IF H=3 THEN X=350
130 FOR I=1 TO X
140 OUT &H21,&H44
150 A= INP &H20
160 IF A=217 THEN 180
170 NEXT I
180 OUT &H21,&H00
190 IF T=1 THEN Y=45
200 IF T=2 THEN Y=75
210 IF T=3 THEN Y=130
220 FOR I=1 TO Y
230 OUT &H21,&H22
240 A= INP &H20
250 IF A=215 OR A=214 OR A=211 THEN 880
260 NEXT I
270 OUT &H21,&H00
280 IF H=3 THEN 390
290 IF S=2 THEN 390
300 OUT &H21,&H44
310 FOR I=1 TO 800:NEXT
320 OUT &H21,&H11
330 A= INP &H20
340 IF A<>239 THEN 330
350 OUT &H21,&H40
360 FOR I=1 TO 800:NEXT
370 OUT &H21,&H00
380 GOTO 470
390 OUT &H21,&H40
400 FOR I=1 TO 800:NEXT
410 OUT &H21,&H11
420 A= INP &H20
430 IF A<>239 THEN 420
440 OUT &H21,&H44
450 FOR I=1 TO 800:NEXT
460 OUT &H21,&H00
470 OUT &H21,&H20
480 A= INP &H20
490 IF A=236 THEN 550
500 IF A=233 THEN 520
510 IF A<>237 THEN 480
520 OUT &H21,&H40
530 A= INP &H20
540 IF A<>236 THEN 530
550 OUT &H21,&H00
560 C=240
570 IF H=3 OR S=2 THEN C=15
580 OUT &H22,C
590 A= INP &H20
600 PRINT A
610 IF A=124 THEN 630
620 IF A<>108 THEN 590
630 OUT &H21,&H10
640 A= INP &H20
650 IF A<>92 THEN 640
660 OUT &H21,&H00
670 OUT &H22,&HFF
680 FOR I=1 TO 1000:NEXT
690 OUT &H22,&H00
700 Z=Z+1
710 IF Z=1 THEN 60
720 END
730 IF A<224 THEN 770
740 OUT &H21,&H10
750 A= INP &H20
760 GOTO 730
770 OUT &H21,&H20
780 A= INP &H20
790 IF A=221 THEN 830
800 IF A=217 THEN 830
810 IF A=220 THEN 860
820 GOTO 780
830 OUT &H21,&H40
840 A= INP &H20
850 IF A<>220 THEN 840
860 OUT &H21,&H00
870 GOTO 40
880 OUT &H21,&H00
890 PRINT "STOP!!"
900 END
```

(a) 搬送ロボット側

図11 物体の移動プログラム

```

10 OUT &H23,&H90
20 OPEN "LPRT:"
30 Z=0
40 OUT &H21,&H02
50 LPRINT "S5"
60 LPRINT "H"
70 LPRINT "P1,0,-155,-137,1450,-1450,-2000"
80 LPRINT "P2,0,-155,-137,1450,-1450,0"
90 LPRINT "P3,0,1125,-562,1800,-1800,0"
100 LPRINT "P4,2250,1125,-562,1800,-1800,0"
110 LPRINT "P5,2250,-458,-897,0,0,0"
120 LPRINT "P6,2250,-458,-897,0,0,-2000"
130 LPRINT "P7,0,0,0,0,0,0"
140 LPRINT "P8,0,477,-760,962,-962,-2000"
150 LPRINT "P9,0,477,-760,962,-962,0"
160 LPRINT "P10,2250,-492,-689,293,-293,0"
170 LPRINT "P11,2250,-492,-689,293,-293,-2000"
180 LPRINT "M7"
190 A= INP &H20
200 IF A=15 THEN 250
210 IF A<>240 THEN 190
220 LPRINT "M1"
230 LPRINT "M2"
240 GOTO 280
250 LPRINT "M3"

260 LPRINT "M8"
270 LPRINT "M9"
280 OUT &H21,&H00
290 A= INP &H20
300 IF A<>255 THEN 290
310 OUT &H21,&H02
320 LPRINT "M3"
330 LPRINT "M4"
340 IF Z=1 THEN 430
350 LPRINT "M5"
360 LPRINT "M6"
370 LPRINT "M4"
380 LPRINT "M3"
390 LPRINT "M7"
400 LPRINT "N"
410 Z=Z+1
420 IF Z=1 THEN 180
430 LPRINT "M10"
440 LPRINT "M11"
450 LPRINT "M4"
460 LPRINT "M3"
470 LPRINT "M7"
480 LPRINT "N"
490 END

```

(b) アームロボット側

図11 物体の移動プログラム

§ 5. 結言

搬送ロボットを設計製作し、マイクロコンピュータ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. IC 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. 搬送システムを動作させるコントロールボックスおよび搬送ロボットを製作して、PC-G813を使用し物体を移動させることができた。
3. PC-G813を二台使用することにより、一台を親機もう一台を子機の関係とし、親機が子機を管理しながら、二台が同時に動作するシステムを構成して、システム全体としての動作速度を速くすることが可能となった。

最後に、本研究は、久保田および桑田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)野原, モータコントローラによる直交座標ロボットの制御, 呉高専研究報告, 30-1 (1994), 41
- (5)野原, マイクロコンピュータによる物体の移動システム, 呉高専研究報告, 30-1 (1994), 29

(平成7年4月17日受付)

ホーキング輻射の質量依存性について

(機械工学科) 深 澤 謙 次

On the Mass Dependence of Hawking Radiation

Kenji FUKAZAWA

On the quantum field theory in curved spacetime, it is not trivial what state the ground state is equal to. In the ordinary way, the ground state is assumed to be identical with the vacuum state, which is constructed canonically. On the other hand, the evaporation of a black hole is closely related to this assumption. In this letter, we investigate the mass dependence of Hawking radiation with the eternal black hole in two-dimension and examine the above assumption. The result is that it is not justified.

Key Words: Hawking radiation, black hole, Schwarzschild spacetime, ground state
ホーキング輻射, ブラックホール, シュバルツシルト時空, 基底状態

1 はじめに

曲がった時空における場の理論では、自由場の基底状態がどういう状態になるかは自明ではない。ミンコフスキー時空では重力が存在しないので、自由場の基底状態はフォック空間における真空に等しいとしてよい。しかし曲がった時空における場の理論では重力を外場として扱うので、同じことをしてよいという理由はないが、通常は“自由場の基底状態はフォック空間における真空に等しい”と仮定して議論する。

上述の仮定と密接に関係している‘現象’のひとつにブラックホールの蒸発がある。¹⁾²⁾³⁾天体がブラックホールになる前後で正準的に設定される真空状態は変化するので、上述の仮定が正しいとすると物質場の基底状態も同時に変化する。その結果、場の状態は最初の状態から励起し、輻射が観測されることになる。したがってもし仮定が正しいければ観測されるホーキング輻射は熱的であるはずである。

本論文では、質量を持った実スカラー場を考えホーキング輻射の質量依存性を熱的輻射と比較することによって、上述の仮定が正しいかどうかを検討することを目的とする。ここで計算すべき量は、星が重力崩壊してブラックホールになる前後での、無限遠で静止している観測者が観測する場のエネルギー・運動量の変化である。したがって、本来は星が有限時間でブラックホールになる現実的なモデルを考えて、ホーキング輻射を計算するべきであるが、ここでは簡単のため2次元の永遠のブラックホールを考えることにする。初め、星はSchwarzschild真空の状態にあると仮定すると、ブラックホール誕生後、場の状態はKruskal真空に変わるので、計算すべき量はスカラー場のエネルギー・運動量テンソルの、Kruskal真空とSchwarzschild真空の期待値の差である。

本論文では、 $\hbar=c=G=k_B=1$ の単位系を用い、計量の符号は参考文献6)に従うことにする。

2 2次元 Schwarzschild 時空と Kruskal 時空における場の理論

この節では2次元の Schwarzschild 時空と Kruskal 時空を考え、実スカラー場の理論について議論する。

2.1 2次元 Schwarzschild 時空における実スカラー場

2次元 Schwarzschild 時空の線素は

$$ds^2 = (1 - \frac{2M}{r})dt^2 - (1 - \frac{2M}{r})^{-1}dr^2 \quad (1)$$

で表される。ここで、 M はブラックホールの質量である。この線素は地平線上 $r=2M$ において座標特異点を持っている。これは真空解なので、リッチ・テンソルとスカラー曲率はともに0である。

Regge-Wheeler 座標^(1,5)

$$r_* = r + 2M \ln(\frac{r}{2M} - 1)$$

で表すと、式(1)は

$$ds^2 = (1 - \frac{2M}{r})(dt^2 - dr_*^2) \quad (2)$$

となる。また、質量を持つ実スカラー場のラグランジアン密度は

$$L = \frac{1}{2}(-g)^{\frac{1}{2}}\{g^{\mu\nu}\nabla_\mu\phi\nabla_\nu\phi - m^2\phi^2 - \xi R\phi^2\} \quad (3)$$

で表される。ここで、 m はスカラー粒子の質量、 ξ は結合定数であり、上式右辺の $\{ \}$ の中の第3項は実スカラー場と重力場との結合を表す項である。ただし、上に述べたように $R=0$ であるから、この項は落としてもかまわない。これから場の方程式は

$$\partial_t^2\phi - \partial_{r_*}^2\phi + m^2(1 - \frac{2M}{r})\phi = 0 \quad (4)$$

となる。正值振動数モードは

$$\partial_t u_\omega = -i\omega u_\omega$$

の関係を満たすから、直交関係系は

$$u_\omega^{(\sigma)} = N_\omega e^{-i\omega t} f_\omega^{(\sigma)}(r_*) \quad (5)$$

と表される。ここで、 $f_\omega^{(\sigma)}(r_*)$ は

$$\partial_{r_*}^2 f_\omega^{(\sigma)} + [\omega^2 - m^2(1 - \frac{2M}{r})]f_\omega^{(\sigma)} = 0 \quad (6)$$

の解であり、 N_ω は規格化定数である。また、添え字 $\sigma=1, 2$ はそれぞれ右方向、左方向に運動する平面波に対応する。

方程式(6)の一般解を求めることはできないが、十分遠方($r \gg 2M$)での近似解は以下のようにして求めることができる。十分遠方では $r \sim r_*$ であるから、式(6)は

$$\partial_{r_*}^2 f_\omega^{(\sigma)} + [(\omega^2 - m^2) + \frac{2Mm^2}{r_*}]f_\omega^{(\sigma)} \sim 0 \quad (7)$$

と書ける。この方程式の解は Whittaker 関数で表され、 $f_\omega \propto W_{\kappa,\mu}(z), W_{-\kappa,\mu}(-z)$ となる。ここで、 $z = 2ikr_*, \kappa = -iMm^2/k, \mu = \pm 1/2, k = \sqrt{\omega^2 - m^2}$ であり、 $W_{\kappa,\mu}$ は

$$\frac{d^2 W_{\kappa,\mu}}{dz^2} + \left(-\frac{1}{4} + \frac{\kappa}{z} - \frac{\mu^2 - 1/4}{z^2}\right) W_{\kappa,\mu} = 0$$

を満たす。ここでは十分遠方の領域を考えているので $|z| \gg 1$ が成り立つ。したがって、 $W_{\kappa,\mu}$ を漸近形で近似してよい。結局、 $f_\omega^{(\sigma)}$ は次のように表すことができる。

$$\begin{cases} f_\omega^{(1)} = r_*^{-\kappa} e^{ikr_* + i\theta}, \\ f_\omega^{(2)} = f_\omega^{(1)*}. \end{cases} \quad (8)$$

ここで、 $\theta = |\kappa| \ln(2k)$ である。

直交関係系(5)が与えられると、正準量子化法により消滅演算子 $a_\omega^{(\sigma)}$ 、生成演算子 $a_\omega^{(\sigma)\dagger}$ が定義され、さらに真空を定義することができる。本論文では、この真空を Schwarzschild 真空と呼び、 $|0_S\rangle$ で表すことにする。任意の ω, σ に対して、 $a_\omega^{(\sigma)}|0_S\rangle = 0$ が成り立つ。

次に Schwarzschild 真空に対するグリーン関数を考える。Schwarzschild 真空に対する Wightman 関数は

$$G_S^+(x, x') = \langle 0_S | \phi(x) \phi(x') | 0_S \rangle \quad (9)$$

で定義される。ここで、 x は (t, r) を表すとする。スカラー場 $\phi(x)$ を直交関数系で展開し、真空の定義と生成、消滅演算子の交換関係

$$[a_\omega^{(\sigma)}, a_{\omega'}^{(\sigma')\dagger}] = \delta_{\sigma\sigma'} \delta(\omega - \omega')$$

を用いると、式(9)は

$$G_S^+(x, x') = \sum_{\sigma=1,2} \int_m^\infty d\omega |N_\omega|^2 e^{-i\omega(t-t')} f_\omega^{(\sigma)}(r_*) f_\omega^{(\sigma)*}(r'_*) \quad (10)$$

と表すことができる。

$t > t', r_* = r'_*$ の場合、ファインマンの伝播関数は $r \rightarrow \infty$ で

$$iG_F(x, x') \rightarrow \frac{1}{2\pi} \int_m^\infty d\omega \frac{1}{\sqrt{\omega^2 - m^2}} e^{-i\omega(t-t')} \quad (11)$$

と書ける。一方、Wightman 関数は

$$G_S^+(x, x') = 2 \int_m^\infty d\omega |N_\omega|^2 e^{-i\omega(t-t')} \quad (12)$$

と表せる。 $t > t'$ のとき

$$G_S^+(x, x') = iG_F(x, x')$$

の関係があるので、式(11),(12)を使うと

$$|N_\omega|^2 = \frac{1}{4\pi\sqrt{\omega^2 - m^2}} \theta(\omega - m)$$

となることがわかる。

Schwarzschild 真空に対する Hadamard's 関数は

$$G_S^{(1)}(x, x') = \langle 0_S | \{\phi(x), \phi(x')\} | 0_S \rangle \quad (13)$$

で定義される。ここで、 $\{\phi(x), \phi(x')\} = \phi(x)\phi(x') + \phi(x')\phi(x)$ である。式(13)を Wightman 関数で表すと今の場合

$$G_S^{(1)}(x, x') = G_S^+(x, x') + G_S^{+\ast}(x, x')$$

と書ける。十分遠方での Hadamard's 関数は式(8)を用いると近似的に

$$G_S^{(1)}(x, x') = \int_m^\infty d\omega \frac{1}{4\pi\sqrt{\omega^2 - m^2}} (e^{-i\omega(t-t')} + e^{i\omega(t-t')}) \left(\frac{r}{r'}\right)^{-\kappa} e^{ik(r-r')} + (c.c.) \quad (14)$$

と表せる。ここで第2項は第1項の複素共役である。

2. 2 次元 Kruskal 時空における実スカラー場

2次元 Kruskal 時空座標 v, u は前節で導入した Schwarzschild 時空座標 t, r と次の座標変換によって関係している。

$$\begin{cases} v = \left(\frac{r}{2M} - 1\right)^{1/2} e^{r/4M} \sinh \frac{t}{4M}, \\ u = \left(\frac{r}{2M} - 1\right)^{1/2} e^{r/4M} \cosh \frac{t}{4M}. \end{cases} \quad (15)$$

これらの座標で線素を表すと、式(1)または式(2)より

$$ds^2 = \frac{32M^3}{r} e^{-r/2M} (dv^2 - du^2) \quad (16)$$

と書ける。ここで、 v は時間座標であり u は空間座標である。式(15)からわかるように、 r は v, u の関数であり、

$$\left(\frac{r}{2M} - 1\right) e^{r/2M} = u^2 - v^2 \quad (17)$$

の関係がある。したがって Kruskal 時空は時間 v に関して静的ではない。もちろん、時間 t に関しては静的な時空である。

質量を持つ実スカラー場のラグランジアン密度は式(3)と同じであるが、計量 $g_{\mu\nu}$ は式(16)で与えられる。したがって場の方程式は

$$\partial_v^2 \phi - \partial_u^2 \phi + (4Mm)^2 \frac{2M}{r} e^{-r/2M} \phi = 0 \quad (18)$$

となる。Kruskal 時空は時間 v に関して静的ではないので、すべての時空点において

$$\partial_v \tilde{u}_{\tilde{\omega}} = -i\tilde{\omega} \tilde{u}_{\tilde{\omega}} \quad (19)$$

の関係を満たす正值振動数モードは存在しない。しかし、 $v=0$ の超平面上では式(17)より $g_{\mu\nu, v} = 0$ となるので、この上では正值振動数モードが存在する。したがって以後この超平面上だけを考える。この上では式(19)を満たす直交関数系は

$$\tilde{u}_{\tilde{\omega}}^{(\sigma)} = \tilde{N}_{\tilde{\omega}} e^{-i\tilde{\omega}v} \tilde{f}_{\tilde{\omega}}^{(\sigma)}(u) \quad (20)$$

と表される。ここで $\tilde{f}_{\tilde{\omega}}^{(\sigma)}(u)$ は

$$\partial_u^2 \tilde{f}_{\tilde{\omega}}^{(\sigma)}(u) + [\tilde{\omega}^2 - (4Mm)^2 \frac{2M}{r}] \tilde{f}_{\tilde{\omega}}^{(\sigma)}(u) = 0 \quad (21)$$

の解であり、 $\tilde{N}_{\tilde{\omega}}$ は規格化定数である。また、添え字 $\sigma=1, 2$ はそれぞれ右方向、左方向に運動する

平面波に対応する。

Schwarzschild 時空の場合と同じように方程式(21)の一般解を求めることはできないが、十分遠方 ($v=0, u \gg 1$) の近似解は以下のようにして求めることができる。十分遠方では

$$\begin{aligned} \frac{2M}{r} e^{-r/2M} &\sim \frac{2M}{r} \left(1 + \frac{2M}{r}\right) e^{-r/2M} \\ &\sim \frac{2M}{r} \left(1 - \frac{2M}{r}\right)^{-1} e^{-r/2M} \\ &= \left(\frac{r}{2M} - 1\right)^{-1} e^{-r/2M} \\ &= \frac{1}{u^2} \end{aligned}$$

であるから、式(21)は

$$\partial_u^2 \tilde{f}_\omega^{(\sigma)}(u) + [\tilde{\omega}^2 - \frac{(4Mm)^2}{u^2}] \tilde{f}_\omega^{(\sigma)}(u) \sim 0$$

と書ける。この方程式の解は Hankel 関数で表され、 $\tilde{f}_\omega^{(\sigma)}(u) \propto H_\nu^{(\sigma)}(\tilde{\omega}u)$ となる。ここで $\nu = \sqrt{1/4 + (4Mm)^2}$ である。 $H_\nu^{(\sigma)}$ の漸近形で近似すると $\tilde{f}_\omega^{(\sigma)}(u)$ は

$$\begin{cases} \tilde{f}_\omega^{(1)}(u) = e^{i\tilde{\omega}u - i\theta}, \\ \tilde{f}_\omega^{(2)}(u) = \tilde{f}_\omega^{(1)*}(u). \end{cases} \quad (22)$$

と表される。ここで $\theta = (2\nu + 1)\pi/4$ である。

直交関数系(20)が与えられると、Schwarzschild 時空の場合と同じように真空を定義することができる。本論文ではこの真空を Kruskal 真空と呼び、 $|0_K\rangle$ で表す。Kruskal 真空に対する Wightman 関数と Hadamard's 関数は前節と同じようにして求められるが、それを Schwarzschild 座標 t, r で表す必要がある。そのために次の積分表示を考える。

$$e^{-i\tilde{\omega}(v \pm u)} = \int_{-\infty}^{\infty} dp e^{-ip(t \pm r_*)} F_\pm(\tilde{\omega}, p). \quad (23)$$

ここで $F_\pm(\tilde{\omega}, p)$ は $e^{-i\tilde{\omega}(v \pm u)}$ のフーリエ変換であり、

$$F_\pm(\tilde{\omega}, p) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} ds e^{ips} e^{-i\tilde{\omega}(v \pm u)} \quad (24)$$

と表せる。ただし、式(24)の右辺の $v \pm u$ は

$$v \pm u = \pm e^{-s/4M}$$

である。式(24)の積分を実行し、式(23)に代入すると

$$e^{-i\tilde{\omega}(v \pm u)} = \frac{2M}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} dp e^{-ip(t \pm r_*)} e^{2\pi M p \tilde{\omega} \mp 4i M p} \Gamma(\pm 4i M p) \quad (25)$$

となる。Kruskal 真空に対する Wightman 関数は

$$G_K^+(x, x') = \langle 0_K | \phi(x) \phi(x') | 0_K \rangle$$

で定義される。ここで x は (v, u) を表すとする。これを前節の場合と同じように直交関数系で表すと

$$G_K^+(x, x') = \sum_{\sigma=1,2} \int_m^\infty d\tilde{\omega} |\tilde{N}_\omega|^2 e^{-i\tilde{\omega}(v-v')} \tilde{f}_\omega^{(\sigma)}(u) \tilde{f}_\omega^{(\sigma)*}(u')$$

となる。Kruskal 真空に対する Hadamard's 関数は

$$G_K^{(1)}(x, x') = \langle 0_K | \{ \phi(x), \phi(x') \} | 0_K \rangle$$

で定義される。これを直交関数系で表し、十分遠方での近似式(22)を代入し、さらに式(25)を用いると

$$G_K^{(1)}(x, x') = \int \int_{-\infty}^{\infty} dp dp' (e^{2\pi M(p+p')} + e^{-2\pi M(p+p')}) \times (e^{-ip(t-r_*)+ip'(t'-r'_*)} + e^{ip(t+r_*)-ip'(t'+r'_*)}) A(p, p'), \quad (26)$$

$$A(p, p') = \left(\frac{2M}{\pi}\right)^2 \Gamma(-4iMp) \Gamma(4iMp') \int d\tilde{\omega} |\tilde{N}_{\tilde{\omega}}|^2 \tilde{\omega}^{4iM(p-p')} \quad (27)$$

と表せる。

3 エネルギー・運動量テンソルの期待値

この小節では前小節までの議論を基にエネルギー・運動量テンソルの期待値を計算する。ここで考えているのは、星が重力崩壊してブラックホールになる前後での、無限遠で静止している観測者が観測する場のエネルギー・運動量の変化である。したがって、本来は星が有限時間でブラックホールになる現実的なモデルを考えるべきであるが、ここでは簡単のため永遠のブラックホールを考えることにする。この場合、ブラックホールが誕生した後の場の真空は Kruskal 真空で表され、星がブラックホールになる前の場の真空は Schwarzschild 真空で表される。初め、星は Schwarzschild 真空の状態にあると仮定すると、ブラックホール誕生後、場の状態は Kruskal 真空に変わる。したがって、計算すべき量は

$$\langle T_{\mu}^{\nu} \rangle \equiv \langle 0_K | T_{\mu}^{\nu} | 0_K \rangle - \langle 0_S | T_{\mu}^{\nu} | 0_S \rangle \quad (28)$$

である。ここで T_{μ}^{ν} はエネルギー・運動量テンソル演算子であり、2次元の場合

$$\begin{aligned} T_{\mu}^{\nu} = & (1-2\xi) \nabla_{\mu} \phi \nabla^{\nu} \phi + (2\xi - \frac{1}{2}) \delta_{\mu}^{\nu} \nabla_{\rho} \phi \nabla^{\rho} \phi \\ & - 2\xi \phi \nabla_{\mu} \nabla^{\nu} \phi + \xi \delta_{\mu}^{\nu} \phi \square \phi \\ & - \xi (R_{\mu}^{\nu} + [\xi - \frac{1}{2}] R \delta_{\mu}^{\nu}) \phi^2 + (\frac{1}{2} - \xi) m^2 \delta_{\mu}^{\nu} \phi^2 \end{aligned} \quad (29)$$

と表される。⁹⁾ 今の場合、 $R_{\mu}^{\nu} = R = 0$ であることに注意せよ。ここで

$$\begin{aligned} \langle \nabla_{\mu} \phi \nabla_{\nu} \phi \rangle &= \langle 0_K | \nabla_{\mu} \phi \nabla_{\nu} \phi | 0_K \rangle - \langle 0_S | \nabla_{\mu} \phi \nabla_{\nu} \phi | 0_S \rangle \\ \langle \phi \nabla_{\mu} \nabla_{\nu} \phi \rangle &= \langle 0_K | \phi \nabla_{\mu} \nabla_{\nu} \phi | 0_K \rangle - \langle 0_S | \phi \nabla_{\mu} \nabla_{\nu} \phi | 0_S \rangle \\ \langle \phi^2 \rangle &= \langle 0_K | \phi^2 | 0_K \rangle - \langle 0_S | \phi^2 | 0_S \rangle \end{aligned} \quad (30)$$

とおくと、式(29)は

$$\begin{aligned} \langle T_{\mu}^{\nu} \rangle = & (1-2\xi) \langle \nabla_{\mu} \phi \nabla^{\nu} \phi \rangle + (2\xi - \frac{1}{2}) \delta_{\mu}^{\nu} \langle \nabla_{\rho} \phi \nabla^{\rho} \phi \rangle \\ & - 2\xi \langle \phi \nabla_{\mu} \nabla^{\nu} \phi \rangle + \xi \delta_{\mu}^{\nu} \langle \phi \square \phi \rangle + (\frac{1}{2} - \xi) m^2 \delta_{\mu}^{\nu} \langle \phi^2 \rangle \end{aligned} \quad (31)$$

と表される。式(30)は良く定義された量ではないので、意味のある量を計算するためには適当な正則化法

を用いなければならない。ここでは点分離正則化法を用いることにすると式(30)は

$$\begin{aligned} \langle \nabla_\mu \phi \nabla_\nu \phi \rangle &= \lim_{x' \rightarrow x} \frac{1}{2} \nabla_\mu \nabla'_\nu [G_K^{(1)}(x, x') - G_S^{(1)}(x, x')] \\ \langle \phi \nabla_\mu \nabla_\nu \phi \rangle &= \lim_{x' \rightarrow x} \frac{1}{2} \nabla_\mu \nabla_\nu [G_K^{(1)}(x, x') - G_S^{(1)}(x, x')] \\ \langle \phi^2 \rangle &= \lim_{x' \rightarrow x} \frac{1}{2} [G_K^{(1)}(x, x') - G_S^{(1)}(x, x')] \end{aligned} \quad (32)$$

と表される。ここで ∇_μ は x^μ での、 ∇'_μ は x'^μ での共変微分を表す。式(32)を $r \rightarrow \infty$ での主オーダーまで計算し、その結果を式(31)に代入すると

$$\begin{aligned} \langle T_t^t \rangle &= \lim_{r \rightarrow \infty} \int \int_{-\infty}^{\infty} dp dp' [(1 - 2\xi)pp' + 2\xi p^2 + (\frac{1}{2} - \xi)m^2] e^{i(p-p')r} \\ &\quad \times (e^{2\pi M(p+p')} + e^{-2\pi M(p+p')}) A(p, p') \\ &\quad - 2 \int_m^\infty d\omega \omega^2 |N_\omega|^2 \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \langle T_r^r \rangle &= \lim_{r \rightarrow \infty} \int \int_{-\infty}^{\infty} dp dp' [-(1 - 2\xi)pp' - 2\xi p^2 + (\frac{1}{2} - \xi)m^2] e^{i(p-p')r} \\ &\quad \times (e^{2\pi M(p+p')} + e^{-2\pi M(p+p')}) A(p, p') \\ &\quad + 2 \int_m^\infty d\omega \omega^2 |N_\omega|^2 \end{aligned} \quad (34)$$

となる。ここで積分変数を

$$q = \frac{p+p'}{2}, \bar{q} = \frac{p-p'}{2}$$

のように変換し、 $|\tilde{N}_\omega|^2$ が $\omega = 0$ のまわりでローラン展開できると仮定すると、計算の結果、式(33)、(34)は

$$\langle T_t^t \rangle = 2C_{-1} \int_0^\infty \frac{dq}{q} [q^2 + (\frac{1}{2} - \xi)m^2] \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} - \frac{1}{2\pi} \int_m^\infty d\omega \frac{\omega^2}{\sqrt{\omega^2 - m^2}}, \quad (35)$$

$$\langle T_r^r \rangle = 2C_{-1} \int_0^\infty \frac{dq}{q} [-q^2 + (\frac{1}{2} - \xi)m^2] \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} + \frac{1}{2\pi} \int_m^\infty d\omega \sqrt{\omega^2 - m^2} \quad (36)$$

となる。ここで、 C_{-1} は $|\tilde{N}_\omega|^2$ を $\omega = 0$ のまわりで展開したときの ω^{-1} の係数である。また $\langle T_\mu^\mu \rangle$ は $r \rightarrow \infty$ で有限なので発散項は落とした。これから $\langle T_\mu^\mu \rangle$ のトレースは

$$\langle T_\lambda^\lambda \rangle = 2C_{-1}(1 - 2\xi)m^2 \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} - \frac{m^2}{2\pi} \int_m^\infty \frac{d\omega}{\sqrt{\omega^2 - m^2}} \quad (37)$$

となることがわかる。

4 熱的エネルギー・運動量テンソルとの比較

この節では前節で計算したエネルギー・運動量テンソルの期待値とミンコフスキー時空でのエネルギー・運動量テンソルの熱的平均を m^2 で展開し、 $\langle T_\mu^\nu \rangle$ と $\langle T_\mu^\nu \rangle_\beta$ が等しいかどうかを調べる。まず、以下のように $\langle T_\mu^\nu \rangle$ を m^2 で展開する。

$$\langle T_\mu^\nu \rangle = \langle T_\mu^\nu \rangle^{(0)} + m^2 \langle T_\mu^\nu \rangle^{(1)} + m^4 \langle T_\mu^\nu \rangle^{(2)} + \dots$$

ここで

$$\langle T_\mu^\nu \rangle^{(n)} = \frac{1}{n!} \frac{d^n}{d(m^2)^n} \langle T_\mu^\nu \rangle|_{m=0}$$

である。 $n=0$ のとき

$$\langle T_t^t \rangle^{(0)} = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty dq \frac{q}{e^{8\pi M q} - 1}, \quad (38)$$

$$\langle T_r^r \rangle^{(0)} = -\frac{1}{\pi} \int_0^\infty dq \frac{q}{e^{8\pi M q} - 1}, \quad (39)$$

$n=1$ のとき

$$\begin{aligned} \langle T_t^t \rangle^{(1)} &= 2C'_{-1}(0) \int_0^\infty dq q \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} + \frac{1}{4\pi} \\ &\quad + \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{2} - \xi \right) \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} - \frac{1}{4\pi} \int_0^\infty \frac{d\omega}{\omega}, \end{aligned} \quad (40)$$

$$\begin{aligned} \langle T_r^r \rangle^{(1)} &= -2C'_{-1}(0) \int_0^\infty dq q \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} - \frac{1}{4\pi} \\ &\quad + \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{2} - \xi \right) \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} - \frac{1}{4\pi} \int_0^\infty \frac{d\omega}{\omega} \end{aligned} \quad (41)$$

となる。ここで、

$$C'_{-1}(0) = \frac{d}{dx} C_{-1}(x)|_{x=0}$$

である。また、 $\langle T_\lambda^\lambda \rangle$ の m^4 の係数は

$$\langle T_\lambda^\lambda \rangle = 2C'_{-1}(0)(1 - 2\xi) \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} + \frac{1}{4\pi} \int_0^\infty \frac{dq}{q^3} \quad (42)$$

となる。

一方、ミンコフスキー時空における質量を持つ実スカラー場に対する熱的エネルギー・運動量テンソルは

$$\langle T_t^t \rangle_\beta = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty dk \frac{\omega_k}{e^{\beta\omega_k} - 1}, \quad (43)$$

$$\langle T_r^r \rangle_\beta = -\frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{dk}{\omega_k} \frac{k^2}{e^{\beta\omega_k} - 1}, \quad (44)$$

$$\langle T_\lambda^\lambda \rangle_\beta = \frac{m^2}{\pi} \int_0^\infty \frac{dk}{\omega_k} \frac{1}{e^{\beta\omega_k} - 1} \quad (45)$$

と表される。ここで $\omega_k = \sqrt{k^2 + m^2}$ であり、 $\beta = 1/T$ は温度の逆数である。 $\langle T_\mu^\nu \rangle_\beta$ を上と同様に m^2 で展開すると

$$\langle T_\mu^\nu \rangle_\beta = \langle T_\mu^\nu \rangle_\beta^{(0)} + m^2 \langle T_\mu^\nu \rangle_\beta^{(1)} + m^4 \langle T_\mu^\nu \rangle_\beta^{(2)} + \dots$$

となる。ここで

$$\langle T_t^t \rangle_\beta^{(0)} = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty dk \frac{k}{e^{\beta k} - 1}, \quad (46)$$

$$\langle T_r^r \rangle_\beta^{(0)} = -\frac{1}{\pi} \int_0^\infty dk \frac{k}{e^{\beta k} - 1}, \quad (47)$$

$$\langle T_t^t \rangle_\beta^{(1)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty dk \frac{1}{k e^{\beta k} - 1} - \frac{\beta}{2\pi} \int_0^\infty dk \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2}, \quad (48)$$

$$\langle T_r^r \rangle_\beta^{(1)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty dk \frac{1}{k e^{\beta k} - 1} + \frac{\beta}{2\pi} \int_0^\infty dk \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2}, \quad (49)$$

である。また、 $\langle T_\lambda^\lambda \rangle_\beta$ の m^4 の係数は

$$\langle T_\lambda^\lambda \rangle_\beta^{(2)} = -\frac{1}{2\pi} \int_0^\infty dk \frac{1}{k^3 e^{\beta k} - 1} - \frac{\beta}{2\pi} \int_0^\infty dk \frac{e^{\beta k}}{k^2 (e^{\beta k} - 1)^2} \quad (50)$$

となる。質量を持つ実スカラー場に対するホーキング輻射が熱的輻射であると仮定すると、 $\langle T_\mu^\nu \rangle = \langle T_\mu^\nu \rangle_\beta$ であるから

$$\langle T_\mu^\nu \rangle^{(n)} = \langle T_\mu^\nu \rangle_\beta^{(n)}, \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

が成り立つ。したがって式(38), (39)と式(46), (47)より

$$\beta = 8\pi M \quad (51)$$

となる。また、式(40), (41)と式(48), (49)より

$$\frac{1}{2\pi} (1 - 2\xi) \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} - \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{d\omega}{\omega} = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{dk}{k} \frac{1}{e^{\beta k} - 1}, \quad (52)$$

$$4C'_{-1}(0) \int_0^\infty dq q \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} + \frac{1}{2\pi} = -\frac{\beta}{\pi} \int_0^\infty dk \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2} \quad (53)$$

が得られる。式(51), (52)より $\xi = 0$ となることがわかる。一方、式(42), (50)より

$$2C'_{-1}(0) \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{8\pi M q} + 1}{e^{8\pi M q} - 1} + \frac{1}{4\pi} \int_0^\infty \frac{dq}{q^3} = -\frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{dk}{k^3} \frac{1}{e^{\beta k} - 1} - \frac{\beta}{2\pi} \int_0^\infty \frac{dk}{k^2} \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2} \quad (54)$$

となり、式(53), (54)より C'_{-1} を消去すると

$$\begin{aligned} & 2 \int_0^\infty dq q \frac{e^{\beta q} + 1}{e^{\beta q} - 1} \left\{ \int_0^\infty \frac{dk}{k^3} \frac{1}{e^{\beta k} - 1} + \beta \int_0^\infty \frac{dk}{k^2} \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2} + \frac{1}{2} \int_0^\infty \frac{dq}{q^3} \right\} \\ &= \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{\beta q} + 1}{e^{\beta q} - 1} + 2\beta \int_0^\infty \frac{dq}{q} \frac{e^{\beta q} + 1}{e^{\beta q} - 1} \int_0^\infty dk \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2} \end{aligned} \quad (55)$$

が成り立つ。ここで式(51)を使った。この式は発散を含んでいるので、厳密にはカットオフを導入しないといけない。したがって上式は次のようになる。

$$\begin{aligned} & 2 \int_m^M dq q \frac{e^{\beta q} + 1}{e^{\beta q} - 1} \left\{ \int_m^M \frac{dk}{k^3} \frac{1}{e^{\beta k} - 1} + \beta \int_m^M \frac{dk}{k^2} \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2} + \frac{1}{2} \int_m^M \frac{dq}{q^3} \right\} \\ &= \int_m^M \frac{dq}{q} \frac{e^{\beta q} + 1}{e^{\beta q} - 1} + 2\beta \int_m^M \frac{dq}{q} \frac{e^{\beta q} + 1}{e^{\beta q} - 1} \int_m^M dk \frac{e^{\beta k}}{(e^{\beta k} - 1)^2}. \end{aligned} \quad (56)$$

式(6)において $M \rightarrow \infty$ の極限を考えると、左辺の紫外発散は2次であるが、右辺の紫外発散は対数であり、発散の度合が異なる。したがって、 $\langle T_{\mu\nu} \rangle = \langle T_{\mu\nu} \rangle_{\beta}$ の仮定に問題があるということになる。

5 考察

本論文では、 $|\tilde{N}_\omega|^2$ がローラン展開できるという仮定のもとで質量を持つ実スカラー場に対するホーキング輻射の質量依存性がミンコフスキー時空における熱的輻射とは異なることを示した。初めに記したようにこのことは曲がった時空においては“自由場の基底状態はフォック空間における真空と同じではない”ことを意味する。

ミンコフスキー時空での等加速度系(＝リンドラー時空)における場の理論を考えると上の結果は予想できる。最初観測者は慣性系におり自由場は基底状態にあるとする。その後観測者が等加速度運動をしても、場は相互作用がないので状態は変わらないはずである。一方、リンドラー時空での真空はリンドラー真空であり、ミンコフスキー真空とは異なっている。したがって基底状態が真空と同じだとすると、観測者が等加速度運動をした途端に場が励起し輻射が‘見える’ことになる。しかもこの輻射は熱的輻射とは異なった質量依存性を示す。これはブラックホールの蒸発と似た状況である。

この状況を解決するには基底状態が変わらないと考えるのが最も簡単である。つまり一様な重力場がある時空での場の基底状態が慣性系で設定された真空に等しいと考えるのである。これを一般の時空に拡張するには一般相対性原理に基づけばよい。すなわち局所ローレンツ系で設定された真空が場の基底状態に等しいとするのである。これが正しいとすると基底状態は時空の幾何学的構造で決まってしまうので、無限遠での基底状態は天体がブラックホールになるかどうかに関係なく一切影響を受けない。したがってホーキング輻射は観測されないはずである。

本論文では2次元のブラックホールモデルを使って議論したが、現実の時空は4次元であるから4次元のモデルを使って同様の議論をする必要がある。

参考文献

- 1) S. W. Hawking, Commun. math. Phys. 43 (1975) 199.
- 2) B. S. DeWitt, Phys. Rep. C19 (1975) 295.
- 3) W. G. Unruh, Phys. Rev. D14 (1976) 870.
- 4) D. W. Sciama, P. Candelas, and D. Deutsch, Adv. Phys. 30 (1981) 327.
- 5) P. Candelas, Phys. Rev. D21 (1980) 2185.
- 6) N. D. Birrell, and P. C. W. Davies, Quantum fields in curved space, (Cambridge University Press, Cambridge, 1982).

(平成7年4月17日受付)

銅ホロー陰極放電の特性

(電気工学科) 山 崎 勉

Characteristics of the Copper Hollow Cathode Discharge

Tsutomu YAMAZAKI

Experimental results on the hollow cathode glow discharge are reported. Experiments were carried out with a cylindrical copper hollow cathode of 16 mm in inner-diameter and 150 mm in length, in argon ranging from 18 Pa to 146 Pa of gas pressure and up to 180 mA of discharge current by optical spectroscopy.

Obtained results were the current-voltage characteristics, the emission spectra of the negative glow plasma in the hollow cathode and population densities of copper atom of the ground state and two metastable states, $^2D_{5/2}$ and $^2D_{3/2}$ as a function of the discharge current. And it is found that among these three atomic states the higher level were densely populated than the lower level. And that population densities of these states decreased as increasing the discharge current.

Key Words: copper hollow cathode, glow discharge, optical spectroscopy, copper atom density

銅ホロー陰極, グロー放電, 分光学, 銅原子密度

§ 1 まえがき

ホロー陰極放電は分光用の光源として広く利用されている。その特徴はホロー陰極を構成する金属原子の発光である。その他の冷陰極放電に比べ多くの特徴があり、ホロー陰極効果として知られている⁽¹⁾。その一つである陰極でのスパッタリング効果を利用して、蒸発しにくい金属のレーザなどの原子源として用いられている⁽²⁾。また、冷陰極グロー放電としては電流密度が大きく、工夫するとより大きなイオン源やプラズマ源などとして利用も可能である⁽³⁾。

ところで、グロー放電の励起機構の研究が近年、理論と実験の両面で活発に行われるようになったが、現象の複雑さから十分な解明に至っていない⁽⁴⁾。励起機構の理論の構築も重要であると同時に多くの実験データの蓄積も必要と考えられる。これまで、ステンレス陰極を用いたホロー陰極放電の諸特性についていくつかの報告をしてきた⁽⁵⁾。これに対し今回、銅管を用いたホロー陰極放電を生成し、その実験結果を得たので、その報告とステンレスの場合と比較検討の結果を以下に示す。

§ 2 実験方法と結果

銅ホロー陰極放電について次の三項目の測定を行った。(1) 直流放電の電圧電流特性 (2) ホロー陰極内の負グローの発光スペクトル分布の測定⁶⁾ (3) 光吸収法による銅原子占有密度の測定⁶⁾、測定方法はステンレス製ホロー陰極放電の場合と同じである。

実験に使用した銅ホロー陰極は、内径16mm厚さ1mm長さ150mmの銅管で、陽極はその外側に同軸においた内径40.5mm長さ80mmの黄銅管(厚さ2mm)である。それぞれフランジを介して電源に接続し放電した。フランジや真空配管系は呼び径65Aを用い、高真空排気装置に接続し、主として油回転ポンプで排気した。このような電極を二組用意し、光吸収法による占有密度の測定に用いた。図1に実験装置と放電電極系(破線で表示)を示す。なお、実験は排気後、気体導入口からアルゴン(溶接用ア

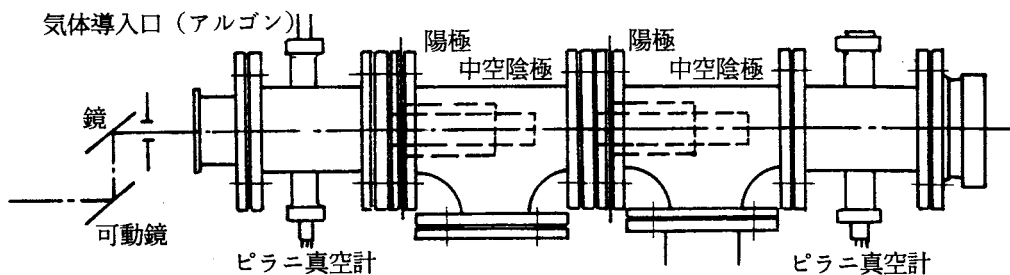


図1 放電装置 真空フランジ65系

真空排気装置 VG-65A

ルゴンガス、純度99.9%)を封入し、その時の気圧を図中左側のピラニ真空計で測定し、放電を点灯した。また、ホロー陰極の外表面は絶縁物で囲まれ、放電時にはホロー陰極の内側にのみ負グローが形成される。この負グローの発光を軸方向より観測し、光学系を用いて自記分光分析装置に導いた。光軸の調整と径方向分布の測定のため、レンズと鏡の一部を動かせるように光学系を構成した。

放電電流は可動コイル形電流計を、また電圧はデジタルマルチメータを用いて、電圧電流特性を測定した。その一例を図2に示す。放電維持電圧の増加と共に放電電流は単調に増加するが、飽和ぎみな増加である。アルゴン気圧が低い方が、大きな電圧を要し、電流は増加しにくいようである。以前のステンレスホロー陰極の実験結果を比較のため図3に示す⁶⁾。ホロー陰極の内径は19.4mm長さ150mmの場合である。ただし陽極の位置が陰極のフランジと反対側にある。

図2と図3を比べると、銅の方が高い電圧を要し、電流の増加に必要な電圧も大きくなっている。

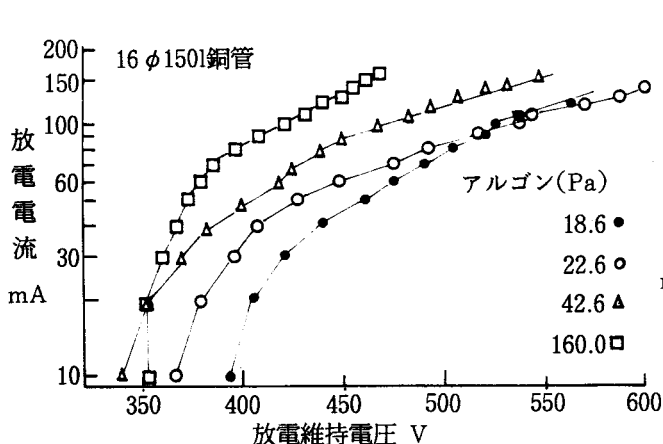


図2 銅ホロー陰極放電の電圧電流特性

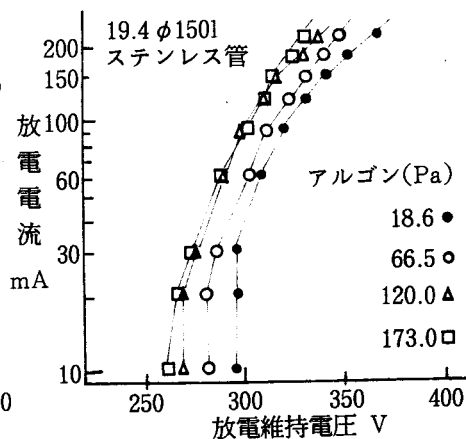


図3 ステンレス・ホロー陰極放電の電圧電流特性

両陰極で径の違いについては、同じステンレス陰極の内径が26mmと5mmで放電維持電圧がほぼ200Vと230Vとなり、約30V程度の違いとなる⁽⁵⁾。また、陽極の位置がホロー陰極の出口の一端を包んだ構造になっているため、放電路の長さが異なる分の電圧が変化する。一方、ある大きさの電流増加に必要な電圧の値は銅の方が大きくなる点は明らかに陰極材料に原因していると考えられる。

銅ホロー陰極内の負グローの発光スペクトル分布の測定例を図4に示す。放電条件はアルゴン気圧40Pa電流90mA放電電圧428Vである。図の結果は測定記録そのままで全波長域同一条件で測定し、測

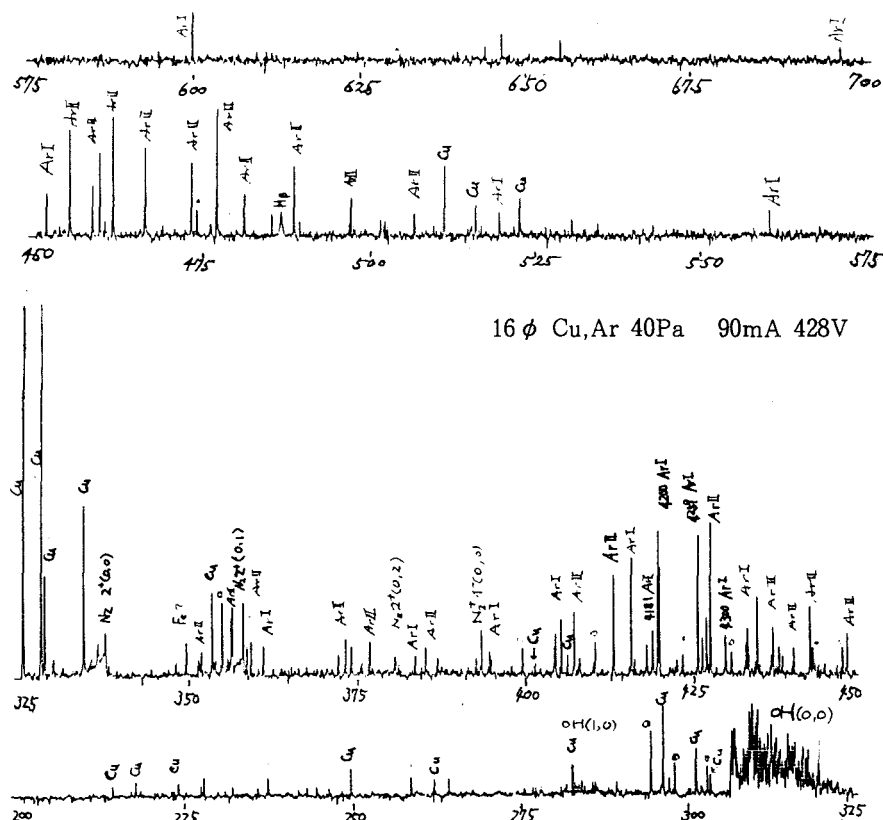


図4 銅ホロー陰極の発光スペクトル分布

定系の分光感度補正は行っていない⁽⁶⁾。分光器（日本分光 CT-100CP）は平面回折格子（ブレイズ波長300nm, 1200本/mm）方式で、スリット幅0.012mm高さ1mm, 走査速度15nm/minとし、光電子増倍管にはR292（浜松ホトニクス）を用いて交流光電測光とした。図をみると、アルゴン中性線Ar Iの5p-4s遷移（395~470nm）の発光線と500nm以下で、これらに重なってアルゴンイオン線Ar IIが300nm位までに分布している。Ar Iの700nm~900nmに現れる4p-4s遷移は測定系の分光感度不足のため表れていない。アルゴンの他に、不純物の窒素や水による発光帯がみえ、窒素分子の第二正帯や水が分離して生じるOHの分子スペクトルが紫外域に表れている。その他、水素原子、窒素分子イオンの第一負帯も確認できた。さて、銅の発光線Cu Iは、325nm, 327nmの2本の共鳴線が最も強く現れている他、多数の線スペクトルが確認できる。今回の測定では約30本の銅の発光線が確認できた⁽⁷⁾。

中性アルゴン（Ar I 360.65nm）とアルゴンイオン（Ar II 351.44nm, 350.98nm）および中性銅（Cu I 353.04nm, 327.98nm）の発光強度と放電電流との関係を図5に示す。発光強度 I_p と放電電流 I_d の関係を、 $I_p \propto I_d^n$ と表すと指数 n の値はAr I, Ar II, Cu Iでそれぞれ約0.56, 1.25, 1.60となった。この値

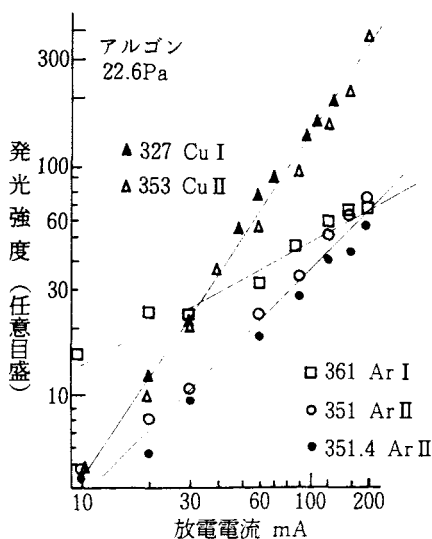


図5 中性アルゴン (Ar I), イオン (Ar II) と銅 (Cu I) の発光強度と放電電流の関係

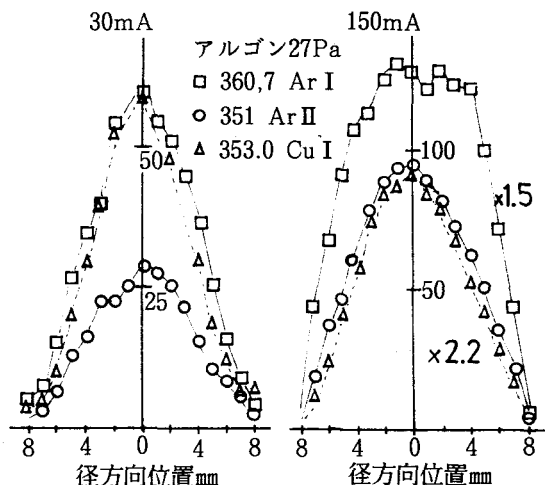


図6 Ar I, Ar II, Cu I の発光強度の径方向分布

の違いは励起機構の差異によるものであり、これと同様の結果がNe-Fe[®]やNe-Cuの場合[®]にも報告されている。そして、放電気体の中性線に加え、イオン線の発光と陰極を構成する原子の発光強度の増加は、ホロー陰極効果として知られている¹¹⁾。

アルゴンと銅の発光強度の径方向分布を図6に示す。放電電流が小さいと陰極周辺から陰極暗部が大きく広がり、負グローの発光は円筒陰極の中心付近に集中する。放電電流が大きい右図ではAr IIとCu Iに比べAr Iの発光域が広がってきている。負グローが中心部から周辺に広がり発光分布も広がってきたと考えられ、中心部に一樣な負グロープラズマが形成されたと考えられる。ただし、Ar IIとCu Iの発光強度を図中の目盛の値に対しそれぞれ1.5倍、2.2倍した値となる。両図を比較すると、アルゴンイオン線と銅中性線が放電電流の増加に対し、その発光強度が急激に増加している状況から、それぞれの粒子分布の径方向位置依存性がよく似ていることによると考えられる。

銅の基底準位を含む下側3つの占有密度分布の放電電流依存性を図7に示す。負グロー中心部での密度で、アルゴン気圧21.7 Paである。ただし、基底準位の密度については10倍して表してあり、その値は準安定準位に比べ1桁小さい。電流依存性は三準位とも同様で、電流増加によりその密度は減少している。

占有密度の測定は同一プラズマを用いた光吸収法で行い、次のようにした[®]。光源の発光 I_0 と被測定側の発光 I_s 、両放電が点灯している時の発光 I_m とすると

$(I_0 + I_s - I_m) / I_s = A_L(KL)$ と表され、線吸収 $A_L(KL)$ を気体温度 T と KL の関数として数値計算しておく、測定より得られた発光強度比に対応する KL 値を用いて、占有密度が計算される。

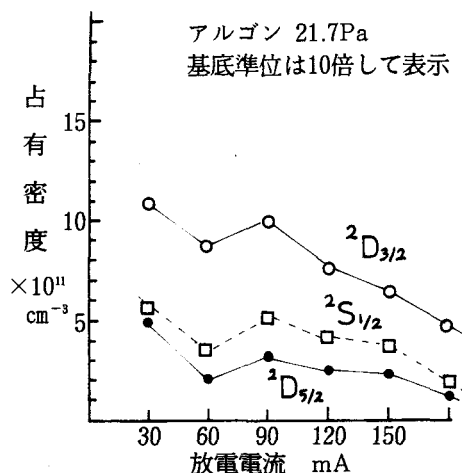


図7 ホロー陰極中心部の銅占有密度と放電電流の関係、基底準位 $S_{3/2}$ 、準安定準位($D_{3/2}$, $D_{5/2}$)

$$NL = \frac{8\pi}{A\lambda^3} \frac{g'}{g\sqrt{\frac{2\pi kT}{M}}} KL$$

ここで、 L はプラズマ長さ ($L=150\text{mm}$)、 M は原子量、 k はボルツマン定数。計算に用いた遷移確率 A 、上準位と下準位の統計重率 g' 、 g 、波長 λ は次のようになる⁷⁾。

		上準位	g' / g	λ (nm)	$A \times 10^6 (f_{ik})$
基底準位	$^2S_{1/2}$	$4p^2 P^0_{3/2}$	4/2	234.75	139.1(0.44)
準安定	$^2D_{5/2}$	$5p^2 P^0_{3/2}$	4/6	261.84	29.2(0.002)
準安定	$^2D_{3/2}$	$4p^2 F^0_{5/2}$	6/4	327.98	0.827(0.002)

次にホロー陰極中心軸上における基底準位にある銅密度の気圧を替えた場合の放電電流依存性を図8に示す。気圧が低い場合18.6Pa、放電電流が30mAまで密度は急増しその後減少している。気圧が53.2Paになると60mA付近で最大となっている。今回の測定で最も気圧が高い146Paでは、電流100mA付近まで増加しその後ほぼ一定 $3.0 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ となっている。

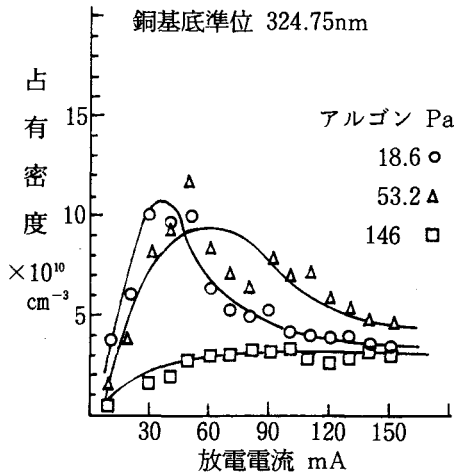


図8 銅基底準位の密度と放電電流の関係

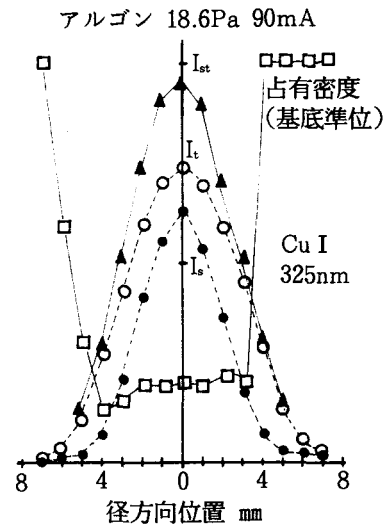


図9 銅共鳴線324.75nmの発光強度の径方向分布と占有密度

図9は銅の共鳴線325nmの発光強度分布を示している。二つの負グローの同時発光 I_s 、光源側のみ I_d 、被測定側 I_d のみの場合の径方向分布である。これらより求めた銅基底準位の密度分布が四角印で示してある。銅はスパッタリングで生じるため中央部に比べ周辺部に密度が大きくなっていることがわかる⁸⁾。放電条件は18.6Pa、90mAである。

§3 検討

ホロー陰極放電は冷陰極グロー放電の正規グローから異常グローの状態にある⁹⁾。その特徴は陰極での γ 作用やスパッタリングが放電特性に大きく影響することと考えられる。正イオンが陰極に衝突すると上の二つの過程が起こり、そのうちスパッタリングは放電維持に必要とされる二次電子の放出 (γ 作用) を阻害するため、放電電圧を上昇させる⁹⁾。

発光スペクトル分布に陰極材料である銅の発光線が現れ、その共鳴線は相当強い。また放電気体の

発光線は中性アルゴンの他、イオン線も強く現れていた。これらの発光は電子衝突励起により生じ、ホロー陰極内様に分布するアルゴン中性原子の発光は電子密度の分布により定まる。粒子密度を $[Ar]$ と表すと、発光は $[Ar]n_e$ 、ここで電子密度 n_e 。イオン線では $[Ar^+]n_e$ であるがアルゴンイオンはアルゴンの電子衝突電離で生じるため $[Ar^+]=[Ar]n_e$ 、結局発光は $[Ar]n_e^2$ となる。銅はアルゴンイオンが陰極に衝突しスパッタリングで生じる、 $[Cu]=[Ar^+]$ 、それが放電空間で衝突励起され発光する。 $[Cu]n_e=[Ar^+]n_e=[Ar]n_e^2$ この結果が発光強度の放電電流依存性に現れている⁹⁾。また径方向分布においてイオン線の発光と銅の発光分布が似ているのは、ともに陰極で多く、中心部に向かって粒子数分布が減少していると考えられるからである。

負グロー中心軸上の銅占有密度は放電電流の増加により減少している。また、ステンレスホロー陰極中の放電気体の準安定原子密度も同様の電流依存性を示していた⁹⁾。これは、電子衝突による励起が活発に行われ上位の励起準位に遷移したためと考えられ、銅についても同様と思われる。その結果銅の発光は強くなる。

次に銅の三つの準位のうち上側の準位の方が密度が大きくなった原因としても上述の累積励起が考えられる。銅の共鳴準位は3.79eVで準安定準位は1.39($^2D_{3/2}$)と1.64($^2D_{5/2}$)eVで容易に負グロー内の熱電子で励起される。ステンレスホロー陰極で測定した電子エネルギー分布関数をみると¹⁰⁾、低エネルギー電子に富み、放電電流の増加とともにその割合も増加していた。

§ 4 まとめ

内径16mmの銅管を用いたホロー陰極放電の特性を実験により求めた。気体はアルゴンを用い、電圧電流特性の他、光学測定を試み銅密度も測定した。結果をまとめると次のようになる。

銅ホロー陰極はステンレスのそれより、一定電流の増加に対しより大きな放電電圧を必要とする。

銅の占有密度の代表的な値として22Pa 90mAで基底準位 5×10^{10} 、準安定 3×10^{11} ($^2D_{3/2}$) $10 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ ($^2D_{5/2}$)で、放電電流の増加に対しその密度は減少する。

基底準位はある放電電流値で最大をとった後、減少し、気圧が高くなると電流の大きい側で最大となるが、その密度はしだいに小さくなる。

径方向発光強度分布は電子衝突励起の多い中心部が強い。スパッタリングで生じた銅と正イオンはよく似た分布をしている。

しかし、光吸収法による密度測定には多くの誤差が含まれる。例えば極端に大きな吸収量を示す場合もあった。そこで放電の再現性がよくないため、5,6回の測定の平均を求めた。その原因としては陰極温度の変化やスパッタリングによる陰極表面の変化などが考えられる。また、発光強度が弱くなる場合、例えば径方向分布の電極近く、光学系設定の不良や迷光の存在なども問題である。

今後の課題としては、上記の測定の高精度化、銅とアルゴンの占有密度分布の同時計測、負グロー中の電子エネルギー分布関数の測定とこれらの空間分布などが実験項目として挙げられる。もちろん放電励起機構の解明には、理論計算モデルと実験結果との比較検討が最も重要である。

参考文献

- (1) 藤井寛一：応用物理50巻10号 (1981) 1073-1081
- (2) A. K. Anders他：J. Appl. Phys. vol.64, no.9, (1988) 4285-4292
- (3) 川村澄他：電気学会プラズマ研究会試料 EP-79-3 (1979) 15-24
- (4) 土手敏彦：電気学会論文誌A特集 vol.111, no.5, (1991) 363-369, 他
- (5) 山崎勉：呉高専研究報告 vol.25, no.1, (1989) 23-29, vol.19, no.1, (1983) 75-82
- (6) 山崎勉：呉高専研究報告 vol.27, no.1, (1991) 19-26, vol.26, no.1, (1990) 75-89

- (7)A. A. Radzig 他： "Reference Data on Atoms, Molecules and Ions" Springer-Verlag (1980)
- (8)玉河元：「放電」共立出版 (1975)
- (9)F. J. de Hoog 他： J. Appl. Phys. vol.48, no.9, (1977) 3701-3704
- (10)B. E. Warner 他： J. Appl. Phys. vol.50, no.9, (1979) 5694-5703
- (11)電気学会：「放電ハンドブック」電気学会 (1978)
- (12)山崎勉：呉高専研究報告 vol.30, no.2, (1995) 45-52

(平成7年4月17日受付)

平成6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正義と友愛 — 共同体を成立・維持させる二つの原理とそれを説明する一つの原理としての「等しさ」—	河野眞先生頌寿記念論集『人間と倫理』(1994年3月, 西日本法規出版㈱)
岩根 三邦	アリストテレスにおけるフィリア	広島倫理思想史学会(1994年11月, 広島)
八方 直久(広大理) 佐藤 仁(広大理) 三村功次郎(広大理) 細川 伸也(広大理) 谷口 雅樹(広大理) 植田 義文(徳山高専) 小山 通榮	d ⁴ identification of the satellite in the Mn 3d photoemission spectra of Cd _{1-x} Mn _x Te alloys	Physical Review B: condensed matter (Vol.50, No.16, 1994.10)
白川 洋二	文部省認定 工業英検 4級対策	日本工業英語協会(1994年1月)
川尻 武信	On Differences in Listening Problems between Native and Non-Native Speakers	全国高等専門学校英語教育研究協議会『研究論集』(第13号, 1994年2月)
京免 進 近江 宗一(元阪大)	乱流加速流れの数値解析	ターボ機械(22巻3号, 1994年11月)
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の層流定常流	日本機械学会論文集 B編(60巻573号, 1994年5月)
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)	水平円管内の層流脈動流れ(自然対流を伴う場合)	日本機械学会講演論文集(No.943-2, 1994年7月)
京免 進	円管内減速流れの数値解析	第33回ターボ機械協会講演会前刷集(1994年11月)
岩本 英久 大崎 紘一(岡大工) 関 洲二(岡大医)	血管結紮における形状からみた結紮力の推定に関する研究	平成6年度日本経営工学会秋季研究大会予稿集(1994年11月, 岡山)
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	日本機械学会論文集 C編(60巻574号, 1994年6月)
中迫 正一 灘野 宏正 河野 正来	四球試験, 二円筒試験および歯車試験によるすずめっき熱拡散処理層の摩擦特性	日本設計工学会中国支部講演論文集(No.12, 1994年6月, 広島)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
H. Nadano M. Kohno M. Nakasako T. Iwano (Dowa Mining Company Ltd)	Studies on the load-carrying capacities of spur gears in high vacuum	Proceedings of the 1994 International Gearing Conference (September 1994)
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摩擦・摩 耗に関する研究 (第1報, ステンレ ス鋼SUS304材の場合)	日本機械学会MPT'94シンポジウム 伝動装置講演論文集 (No.940-58, 1 994年12月, 仙台)
山田 祐士 田中 幹也 (愛媛大) 清水 顯 (愛媛大) 柴田 論 (愛媛大)	付加外力を伴う空気圧サーボ系の適 応極配置制御	日本機械学会第72期全国大会講演論 文集 (IV) (1994年8月, 北海道)
Kanya Tanaka (Ehime Univ) Akira Shimizu (Ehime Univ) Satoru Shibata (Ehime Univ) Yuuji Yamada	Improved Adaptive Pole-Placement Control for Pneumatic Sero System with Additive External Forces	Proceedings of the 2nd JAPAN- FRANCE CONGRESS on MECHATRONICS (INTERNATIONAL) (November, 1994 KAGAWA)
山崎 勉	ホロー陰極内の銅原子の発光	電気・情報関連学会中国支部連合大 会 (1994年10月, 岡山)
原田 一彦 (広島短) 山崎 勉	円筒形ホロー陰極内の電子エネルギー 分布関数の測定	広島電機大学・広島自動車工業短期 大学研究報告 (第27巻, 1994年12月)
山口 静馬 (山大工) 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一 佐伯 徹郎 (山大工)	音声聴取時の外来雑音に対する心理 的評価	電子情報通信学会論文誌A (Vol.J77-A No.11, 1994年11月)
山口 静馬 (山大工) 佐伯 徹郎 (山大工) 加藤 裕一 老松 建成 (海保大)	メンバシップ関数の単純化パターン に基づく任意有色騒音の心理的評価 予測	日本音響学会講演論文集 (1994年10 月, 熊本)
加藤 裕一 山口 静馬 (山大工)	信号機下流域・道路端における騒音 レベル分布予測に関する一考察	日本音響学会講演論文集 (1994年10 月, 熊本)
加藤 裕一 山口 静馬 (山大工) 老松 建成 (海保大)	ファジィ論理に基づく騒音刺激入力 に対する新たな心理応答モデル	電気・情報関連学会中国支部連合大 会講演論文集 (1994年10月, 岡山)
佐伯 徹郎 (山大工) 山口 静馬 (山大工) 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一	遮音壁設置による心理的騒音評価量 の変化予測	電気・情報関連学会中国支部連合大 会講演論文集 (1994年10月, 岡山)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
S. Yamaguchi (山工大) T. Saeki (山工大) Y. Kato K. Oimatsu (海保大)	A prediction method of psychological impression caused by fluctuating random noise based on fuzzy sets theory	Inter noise 94 (August, 1994, Yokohama)
山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一	物理的遮音対策と心理的騒音評価との関連付けに対する一試み	日本音響学会誌 (第50巻7号, 1994年7月)
加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大)	ファジィ論理に基づく騒音刺激入力に対する新たな心理応答モデルの提案と実験的検討	騒音・振動研究会資料 (N-94-43, 1994年8月)
加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大)	騒音の騒々しさ-静かさのメンバーシップ関数推定に関する一考察	10th Fuzzy System Symposuim (June, 1994, Osaka)
山口 静馬 (山工大) 佐伯 徹郎 (山工大) 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と心理的評価との関連	10th Fuzzy System Symposuim (June, 1994, Osaka)
S. Yamaguchi (山工大) Y. Kato S. Ishihara (山工大)	A fundamental consideration on evaluating noise produced by road traffic controlled by traffic signals	Applied Acoustics (Vol.42 1994)
加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 高木 興一 (京工大)	信号機周辺における道路騒音の簡易予測手法と実験的検討-信号機下流域, 道路端での予測-	日本音響学会誌 (第50巻2号, 1994年2月)
加藤 裕一 山口 静馬 (山工大) 老松 建成 (海保大)	騒音評価語のあいまいな関係に対する一考察	日本音響学会講演論文集 (1994年3月, 東京)
山口 静馬 (山工大) 佐伯 徹郎 (山工大) 老松 建成 (海保大) 加藤 裕一	変動騒音に対する遮音塀の設置と心理的評価	日本音響学会講演論文集 (1994年3月, 東京)
横瀬 宏 (広工大) 本田 公韶 (広工大) 島崎 昌文 (広工大) 吉長 忍 (広工大) 青山 祐士 (広工大) 横瀬 義雄	並列運転中の誘導発電機出力電圧の振幅と周波数の制御法	電気・情報関連学会中国支部第45回連合大会講演論文集 (1994年10月, 岡山)
横瀬 宏 (広工大) 横瀬 義雄	多層電圧計測時における高周波電圧の影響の除去法	電気・情報関連学会中国支部第45回連合大会講演論文集 (1994年10月, 岡山)
横瀬 宏 (広工大) 本田 公韶 (広工大) 津田 泉 (電子技術総合研究所) 横瀬 義雄	レドックスフロー電池液流機構の改良について	電気・情報関連学会中国支部第45回連合大会講演論文集 (1994年10月, 岡山)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
横沼 実雄 若月 政幸 (山工大) 草田 祐一 (山工大) 小柳 剛 (山工大) 松原 覚衛 (山工大)	Mn _{1-x} Cr _x Te 薄膜 ($0 \leq x < 0.3$) の熱電気特性のCr濃度依存性	日本物理学会秋の分科会講演予稿集 (1994年9月, 静岡)
横沼 実雄 若月 政幸 (山工大) 草田 祐一 (山工大) 小柳 剛 (山工大) 松原 覚衛 (山工大)	Mn _{1-x} Cr _x Te 薄膜のマグノン・ドラッグ効果	第18回日本応用磁気学会学術講演会講演予稿集 (1994年9月, 宮城)
石井 義明 岡田 和幸 (山口大) 奥本 哲司 (呉市)	複層土の強度に関する二・三の実験結果	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集 (1994年5月, 鳥取)
竹村 和夫 勇 秀憲 (高知高専) 市坪 誠	コンクリートの汚れ特性と景観評価	第48回セメント技術大会講演集 (1994年5月, 横浜)
竹村 和夫 市坪 誠	屋外環境下におけるモルタルの色彩変化	第46回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集 (1994年5月, 鳥取)
竹村 和夫 市坪 誠 田澤 榮一 (広工大)	表面処理されたモルタルの汚れ色彩特性	コンクリート工学年次論文報告集 (第16巻第1号, 1994年6月)
竹村 和夫 市坪 誠	コンクリート表面の汚れに対する色彩評価	土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第5部 (1994年9月, 札幌)
竹村 和夫 市坪 誠 勇 秀憲 (高知高専)	Soiling Characteristics and Their Evaluation of Concrete Surfaces	セメント・コンクリート論文集 (No.48 1994年12月)
丸上 晴朗 平島 健一 (山梨大工)	Biotの変分原理による連成熱弾性振動平板の一般化高次理論の定式化	日本機械学会論文集 A編 (第60巻 579号, 1994年11月)
小堀 慈久 岡崎 直子 (運輸省) 秋好 潤也 (東亜建設) 青木 美咲 (愛大農) 児玉 一義 (西松建設)	まさ土の圧縮とせん断に関する考察	第46回土木学会中国四国支部学術講演会概要集 (1994年5月, 鳥取)
小堀 慈久 八木 則男 (愛大工) 秋好 潤也 (東亜建設) 青木 美咲 (愛大農) 岡崎 直子 (運輸省)	まさ土の降雨浸透とサクシヨンの関係について	第46回土木学会中国四国支部学術講演会概要集 (1994年5月, 鳥取)
小堀 慈久 青木 美咲 (愛大農) 田淵 義弘 (建設省) 岡崎 直子 (運輸省)	まさ土のコーン支持力と強度定数の関係について	第46回土木学会中国四国支部学術講演会概要集 (1994年5月, 鳥取)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
小堀 慈久 八木 則男 (愛大工) 田淵 義弘 (建設省) 青木 美咲 (愛大農) 岡崎 直子 (運輸省)	原位置まさ土の圧縮とせん断に関する考察	第49回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部(A) (1994年9月, 札幌)
S. NAKAO	Ultimate Load considering of the Stress of Flange of RC T-Beam subjected to negative Bending	3rd International Conference on THE CONCRETE FUTURE (March, 1994, Malaysia)
S. NAKAO	Analytical Study for the transverse Reinforcement Stress of orthogonal T Beam subjected to a Negative Bending	International Association for Computational Mechanics, The Third World Congress on Computational Mechanics (August, 1994, Chiba)
市坪 誠	コンクリート表面の汚れに関する研究 —第5報—色差を用いた実構造物の汚れ評価	高知工業高等専門学校学術紀要 (第38号, 1994年1月)
市坪 誠	水中曝露されたモルタル試料の色彩変化に関する研究	高知工業高等専門学校学術紀要 (第38号, 1994年1月)
市坪 誠 勇 秀憲 (高知高専)	道路の景観評価に関する研究 —観光地へのアクセス道路—	高知工業高等専門学校学術紀要 (第38号, 1994年1月)
市坪 誠 竹村 和夫 勇 秀憲 (高知高専)	コンクリートの汚れ特性と景観評価	第48回セメント技術大会講演集 (1994年5月, 横浜)
市坪 誠 竹村 和夫	屋外環境下におけるモルタルの色彩変化	第46回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集 (1994年5月, 鳥取)
市坪 誠 小笠原貴人 (山工大)	ファジィ理論に基づくコンクリート擁壁の景観評価	第46回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集 (1994年5月, 鳥取)
市坪 誠 岡田 将治 (広大工)	曝露変化がモルタルの吸水・蒸発特性に及ぼす影響	第46回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集 (1994年5月, 鳥取)
市坪 誠 田澤 榮一 (広大工) 竹村 和夫	表面処理されたモルタルの汚れ色彩特性	コンクリート工学年次論文報告集 (第16巻第1号, 1994年6月)
市坪 誠 竹村 和夫	コンクリート表面の汚れに対する色彩評価	土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第5部 (1994年9月, 札幌)
市坪 誠 竹村 和夫 勇 秀憲 (高知高専)	Soiling Characteristics and Their Evaluation of Concrete Surfaces	セメント・コンクリート論文集 (No.48, 1994年12月)
山口 隆司 久野 智明 (長岡技科大) 原田 秀樹 (長岡技科大) 桃井 清至 (長岡技科大)	硫酸塩存在下における高級脂肪酸の嫌氣的分解に関する研究	第21回土木学会関東支部技術研究会講演概要集 (1994年3月, 長岡)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
山口 隆司 原田 秀樹 (長岡技科大) 桃井 清至 (長岡技科大)	硫酸塩存在下での嫌気性微生物群による高級脂肪酸の分解	第28回日本水環境学会年会講演集 (1994年3月, 宇都宮)
山口 隆司 原田 秀樹 (長岡技科大) 桃井 清至 (長岡技科大)	高級脂肪酸の嫌気的分解過程における硫酸塩還元菌とメタン生成菌の競合	土木学会第49回年次学術講演会講演概要集 (1994年9月, 札幌)
西村 光正	マサ地盤の載荷試験におけるレオロジー定数について	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
西村 光正	呉地盤における液状化の可能性について	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
芳賀 保夫 (福山大工) 松浦 誠 (元近大工) 西村 光正	四国臨海平野地盤図	中国地方基礎地盤研究会 (1994年11月)
嶋津 孝之 (広大工) 福原 安洋 在永 末徳 (近大工) 松尾 彰 (広大工) 中山 昭夫 (福山大) 蓼原 真一 (長崎大)	建築材料	森北出版 (1994年5月)
大原 晋二 (広大工) 福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) 他4名	超高層RC骨組の抵抗特性に関する実験的研究 (その3) 実験概要	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
成松 功 (広大工) 福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) 他4名	超高層RC骨組の抵抗特性に関する実験的研究 (その4) 実験結果	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
福原 安洋 正野崎昭二 嶋津 孝之 (広大工)	鉄筋コンクリート耐震壁の終局耐力解析	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) 荒木 秀夫 (広大工)	鉄筋コンクリートブレースフレームの耐力と変形 (その1)	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) 平田 研二 (広島ガス機)	中国地域における建築用石材の採石業の調査	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
福原 安洋 正野崎昭二 嶋津 孝之 (広大工) 荒木 秀夫 (広大工)	鉄筋コンクリートブレースフレームの耐力と変形 (その2)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (1994年9月, 東海)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
千原 久典 (清水建設) 福原 安洋 嶋津 孝之 (広大工) 荒木 秀夫 (広大工) 他4名	超高層RC骨組の抵抗特性に関する 実験的研究 (その7) 実験結果	日本建築学会大会学術講演梗概集 (1994年9月, 東海)
正野崎昭二 福原 安洋 岩下 恒雄 (愛産大)	柱脚部に浮き上がりを生じた耐震壁 の降伏性状	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
正野崎昭二 岩下 恒雄 (愛産大) 坂田 弘安 (愛産大)	壁脚部の浮き上がりが架構の特性に 及ぼす影響 (第2報)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (1994年9月, 東海)
山下 和也 (地区計画研究所) 地井 昭夫 (広大学教) 林 康文 (広島県) 井筒 俊樹 (まちづくり計画院) 上木 薫 (広島県) 篠部 裕	中国山地の地域振興に関する研究 その1 研究の方法と対象地域の特 性	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
林 康文 (広島県) 地井 昭夫 (広大学教) 山下 和也 (地区計画研究所) 井筒 俊樹 (まちづくり計画院) 上木 薫 (広島県) 篠部 裕	中国山地の地域振興に関する研究 その2 農林業経営の現状と見通し について	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
井筒 俊樹 (まちづくり計画院) 地井 昭夫 (広大学教) 上木 薫 (広島県) 山下 和也 (地区計画研究所) 篠部 裕 林 康文 (広島県)	中国山地の地域振興に関する研究 その3 経営耕地の流動化とその問 題点	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
上木 薫 (広島県) 地井 昭夫 (広大学教) 篠部 裕 山下 和也 (地区計画研究所) 林 康文 (広島県) 井筒 俊樹 (まちづくり計画院)	中国山地の地域振興に関する研究 その4 組合員と出身子女の住まい 方と地域振興への要望と課 題	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
篠部 裕 地井 昭夫 (広大学教) 山下 和也 (地区計画研究所) 林 康文 (広島県) 井筒 俊樹 (まちづくり計画院) 上木 薫 (広島県)	中国山地の地域振興に関する研究 その5 出身子女の帰還意識と地域 の将来像	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
篠部 裕 金子 明子 (三井ホーム) 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	中核企業の衰退に伴う地域再編に関 する研究	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
篠部 裕 新本 敦子 (建設省) 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	企業参加のまちづくりに関する研究 ー広島県府中町を研究対象としてー	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
篠部 裕 藤村 裕 (三井建設) 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	企業都市における中核企業の事業縮 小に伴う都市整備に関する研究 ー釜石市を研究対象としてー	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
Hiroshi Shinobe Tetsuo Seguchi (Toyohashi Univ. of Technology)	A BASIC STUDY ON CHANGE OF STRUCTURE OF POPULAT- ION AND URBAN PROBLEMS IN THE SPECIFIC AREA WHERE STRUCTURALLY-DEPRESSED INDUSTRIES CONCENTRATE	The City Planning Institute of Japan, International Symposium on City Planning (1994.7)
篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	中核企業の衰退に伴う企業施設の後 処理に関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集F (1994年9月, 東海)
間瀬 実郎	ペンパソコンによる建築ボリューム デザインモデラに関する研究	日本建築学会中国支部研究報告集 (第18巻, 1994年3月)
間瀬 実郎	ペンコンピュータによる初期段階設 計の支援システム	日本建築学会大会学術講演梗概集 (1994年9月)
間瀬 実郎	ペンコンピュータによる初期段階設 計支援システムに関する研究	日本建築学会第17回情報・システム・ 利用・技術シンポジウム論文集 (1994年12月)
松野 一成 角 徹三 (豊橋技科大)	正負繰返し荷重を受ける高強度RC はりのせん断抵抗性状	コンクリート工学年次論文報告集 (Vol.16, No.2, 1994年6月)
角 徹三 (豊橋技科大) 服部 覚志 (五洋建設) 松野 一成 松井 洋和 (豊橋技科大)	横補強筋の降伏応力度がRC部材の 付着強度に与える影響について	コンクリート工学年次論文報告集 (Vol.16, No.2, 1994年6月)
松野 一成 角 徹三 (豊橋技科大) 松井 洋和 (豊橋技科大)	正負繰返し荷重を受ける高強度RC 部材のせん断抵抗性状	日本建築学会大会学術講演梗概集 CII (1994年9月, 東海)
松井 洋和 (豊橋技科大) 角 徹三 (豊橋技科大) 松野 一成	横補強筋の降伏応力度がRC部材の 付着強度に与える影響について	日本建築学会大会学術講演梗概集 CII (1994年9月, 東海)

呉工業高等専門学校研究報告

第26巻第1号～第30巻第2号（通巻46号～55号）総目次（平成3年～平成7年）

一 般 科

〈国 語〉

			巻 号 頁
今昔物語集傑作選（一）	大 林 潤	26-2-	53
今昔物語集傑作選（二）	大 林 潤	27-2-	47
今昔物語集傑作選（三）	大 林 潤	28-1-	153
今昔物語集傑作選（四）	大 林 潤	28-2-	97
今昔物語集傑作選（五）	大 林 潤	29-1-	83

〈政経・歴史〉

1960・70年代に於ける輸出自主規制型日米経済摩擦の考察			
－国際政治環境との関係から－	寺 本 康 俊	28-1-	21
1980年代に於ける市場アクセス型日米経済摩擦の考察			
－日米両国の政策決定過程を中心に－	寺 本 康 俊	28-1-	41
冷戦後の新世界システムの形成			
－覇権システムと多極的政策協調システムをめぐって－	寺 本 康 俊	28-2-	1
現代の名前に関する一考察			
－現代の若者の名前とその意識(1) “女性の名前”－	宇 根 俊 範	30-2-	1

〈数 学〉

B-スプライン曲線・曲面による点列および格子点列の補間	岡 中 正 三	26-1-	11
	大 橋 晶 良		
有理 Bezier 曲面による格子点列の補間	岡 中 正 三	27-1-	1
	大 橋 晶 良		
	黒 瀬 能 幸		
On co-H-deviations	左 古 悦 雄	26-1-	23
A Note on Homotopy Homomorphic Elements of $\pi_{n+1}(X)$	左 古 悦 雄	27-2-	1
高専生の睡眠生活調査 (3)	有 廣 圭 司	26-1-	1
	堀 忠 雄		
	村 上 滋 樹		
工業高等専門学校建築学科における一般科目数学の果たすべき役割について			
－呉高専建築学科使用教科書からの考察－	有 廣 圭 司	26-1-	27
	左 古 悦 雄		

〈化 学〉

Spectrophotometric Determination of Micro Amounts of Niobium by Solvent Extraction with Zephiramine	茶 木 正 吉	26-1- 43
	小 山 通 榮	

〈体 育〉

陸上競技に関する調査（第2報）		
－女子学生の陸上競技継続に関して－	谷 岡 憲 三	30-2- 9
	折 本 浩 一	
本校学生のスポーツテストに関する調査研究（第3報）	榎 孝 雄	28-1- 73
	石 嶋 篤 司	
	谷 岡 憲 三	
本校学生のスポーツテストに関する調査研究（第4報）	榎 孝 雄	28-2- 19
	石 嶋 篤 司	
学生疲労に関する調査研究（第1報）		
－疲労自覚症状の類型化について－	榎 孝 雄	29-1- 11
	石 嶋 篤 司	
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	30-1- 1
	石 嶋 篤 司	

〈英 語〉

On Fragility of Human Mind	田 邊 達 雄	26-2- 1
ジョウゼフ・コンラッド：作家へのスタート		
－彼をめぐる3人の女性を中心に－	田 邊 達 雄	27-2- 5
言葉から生じる『鯨』を中心にした考察		
－JOSEPH CONRAD: AMY FOSTERの場合－	田 邊 達 雄	28-2- 51
ウェールズの地名(1)	石 井 淳 二	28-1- 1
ウェールズの地名(2)	石 井 淳 二	29-2- 1
ウェールズの地名(3)	石 井 淳 二	30-2- 17
句動詞の指導に関する一考察	川 尻 武 信	26-2- 15

機 械 工 学 科

設計製図の授業へCADを導入することについて	鍋 本 暁 秀	26-1- 49
水平円柱まわりの自然対流の数値解析	鍋 本 暁 秀	30-1- 19
	河 口 勇 治	
マイクロコンピューターによる天井クレーンの制御	野 原 稔	27-1- 11
モータコントローラによるマイクロライス盤の制御	野 原 稔	28-1-105
モータコントローラによる自動倉庫の制御	野 原 稔	29-1- 41

		巻 号	頁
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	30-1-	29
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	30-1-	41
二円筒試験におけるFe-Mo-Sスパッタ膜の焼付き強さ	河 野 正 来	27-2-	19
	灘 野 宏 正		
	野 上 曜		
	人 見 満寿雄		
二円筒試験における超仕上げ面の摩擦特性	河 野 正 来	29-2-	15
	灘 野 宏 正		
管路・ダクト内層流過渡流れの助走区間における流れ場の解析 (第2報, 円管内層流定常助走に関する一考察)	赤 尾 不二雄	29-1-	51
	小 倉 邦 雄		
Heグロー放電中でのレーザー誘起蛍光法による光学的逃走因子の評価 ...	上 浦 良 友	26-1-	57
ホーキング輻射と結合定数 α の決定	深 澤 謙 次	30-2-	35
メカトロ化への対応			
マイコン制御による実習用「ロボット・ハンド機」の製作ー	山 根 光 夫	29-1-	1
	宅 明 紘 一		
	大 東 由喜夫		

電 気 工 学 科

高専教育変革についての考察	村 上 滋 樹	26-1-	67
アルゴングロー放電の発光スペクトル	山 崎 勉	26-1-	75
ネオングロー放電陽光柱プラズマに及ぼす光励起の影響	山 崎 勉	26-2-	21
中空陰極放電の実験的研究 VII	山 崎 勉	27-1-	19
紫外域発光スペクトルによるアルゴン陽光柱プラズマの実験的検討 ...	山 崎 勉	27-2-	29
アルゴングロー放電中不純物窒素分子の回転温度	山 崎 勉	28-1-	117
アルゴン準安定原子による窒素分子の衝突励起	山 崎 勉	28-2-	63
アルゴングロー放電からのOHラジカル発光スペクトル	山 崎 勉	29-1-	65
アルゴン陽光柱プラズマへの不純物の影響	山 崎 勉	29-2-	21
グロー放電陰極降下領域における電子の挙動	山 崎 勉	30-1-	55
空中陰極内負グロープラズマの単探針法による実験的研究	山 崎 勉	30-2-	45

土 木 工 学 科

一面せん断試験による不攪乱まさ土の強度特性	石 井 義 明	29-1-	75
Biotの変分原理による熱弾性振動平板の一般化高次理論の定式化	丸 上 晴 朗	26-1-	91
	平 島 健 一		
昭和63年7月加計町山腹斜面災害における調査研究	小 堀 慈 久	26-2-	35
まさ土地盤における降雨浸透解析研究	小 堀 慈 久	27-1-	27
まさ土のせん断特性の研究	小 堀 慈 久	28-1-	127
まさ土地盤における簡易コーン貫入試験機の適用性について	小 堀 慈 久	28-2-	73

		卷 号 頁
根系により補強されたまさ土のせん断特性の研究	小 堀 慈 久 八 木 則 男 榎 明 潔 矢田部 龍 一	29-2- 31
都市施設の有効利用に関する基礎的研究		
～その2：浅い河川における窒素態の消長機構～	大 橋 晶 良 藤 井 健 正 藤 原 章 作 西 名 大 裕 篠 部 裕 藤 原 章 正 杉 恵 頼 寧	26-1-101 28-1-141
Updating Procedures of Stated Preference Models		

建 築 学 科

鉄筋コンクリート耐震壁の終局耐力解析	福 原 安 洋 斎 藤 透	29-2- 47
中国地方における建築用石材採石業について	福 原 安 洋 濱 本 昌 代 平 田 研 二	29-2- 57
耐震要素を含む立体架構の水平剛性について	正野崎 昭 二	26-2- 47
雑壁の付いた架構の剛域について（その1 弾性解析）	正野崎 昭 二	27-2- 39
鉄筋コンクリート造建物の鉄筋量に関する調査研究	門 前 勝 明	28-2- 87
都市施設の有効利用に関する基礎的研究		
～その4：河川整備に関する住民意識調査結果の分析～	西 名 大 作 藤 井 健 正 篠 部 裕 大 橋 晶 良 藤 原 章 正	27-1- 37
都市施設の有効利用に関する基礎的研究		
～その3：企業の持家政策により変換した旧給与住宅地 における居住環境と今後の整備課題～	篠 部 裕 藤 井 健 正 西 名 大 作 大 橋 晶 良 藤 原 章 正	26-1-115

編 集 委 員

石	嶋	篤	司
田	邊	達	雄
深	澤	謙	次
村	上	滋	樹
山	口	隆	司
門	前	勝	明

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第31巻 第1号 (1995)

(通巻 第56号)

平成7年8月 印刷

平成7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) 73-8406

印刷所 総合印刷 青木印刷所

〒729-25 広島県豊田郡安浦町内海1581

電話 (0823) 84-2104

MEMOIRS OF THE KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 31, No. 1 (Consecutive No. 56)
August, 7th Year of Heisei (1995)

CONTENTS

1. Synchrotron Radiation Photoemission Study of CrSe with NiAs-type Crystal structure	Michie KOYAMA Naohisa HAPPO Masamochi TAMURA Jiro HARADA Hitoshi SATO Takahiro MIHARA Masaki TANIGUCHI Yoshifumi UEDA	1
2. Basic Reserch into the Character and Psychology of Our Students (Report 2) —A Character Study of General Students and Athletes—	Takao ENOKI Kenso TANIOKA Tokushi ISHIJIMA	5
3. A Study of the X-bar Theory	Takenobu KAWAJIRI	15
4. Operation Control of Moving Robot by Twin Micro Computers	Minoru NOHARA	23
5. On the Mass Dependence of Hawking Radiation	Kenji FUKAZAWA	33
6. Characteristics of the Copper Hollow Cathode Discharge ...	Tsutomu YAMAZAKI	43
List of Papers Published or Read Outside The Kure National College of Technology in 1994		51
Author-Title Index for Memoirs of The Kure National College of Technology (the Consecutive Numbers of Volumes 46-55, 1990-1995)		59