

呉工業高等専門学校

## 研 究 報 告

第21巻 第2号 (通巻第37号)

昭和61年2月 (1986)

## 目 次

1) 表現するための英語学習 English As Communication (II) …	白 川 洋 二	1
2) 一般の二次曲面の描き方 ……………	岡 中 正 三	11
3) パソコンで立体図を描く ……………	小 山 通 栄	19
4) 調光によるハロゲン電球の色温度の考察 ……………	原 田 一 彦	27
5) 簡易型ロジック・シミュレータ ……………	綿 井 伸 爾	31
6) 電子エネルギー分布関数 (計算3) ……………	山 崎 勉	39
7) 呉市におけるがけ崩れ災害に及ぼす降雨、地形ならびに 土の工学特性の影響について (第2報) ……………	星 石 健 三 井 井 義 明	51
8) Schubtraglastversuche der Stahlbetonbalken mit Rechteckquerschnitt bei Längszugkraft ……………	中 野 修 治 田 村 隆 宏 重 松 恒 美 原 重 隆	61
9) 中国古代親族組織図 — 周王室 ……………	枡 本 紘 二	88
10) 春秋正義訳註 (十) ……………	枡 本 紘 二	120

# 表現するための英語学習

## ENGLISH AS COMMUNICATION — PART II

(一般科目) 白 川 洋 二

### How To Systematize a Student-Centered English Learning Class.....(4)

Yoji SHIRAKAWA

It is very rare for Japanese teachers of English to speak English to each other. This is understandable. It is natural and easy to speak our own language. But while I understand this situation, I think it is bad, and that many teachers have little imagination or courage to try. The idea that we cannot speak English because we cannot meet native speakers is nothing but an excuse. If we are sincere in wanting to improve, we must work hard and study.

This part of my paper suggests 'Ways' to develop communicative competence in spoken English with several examples of Communication Practice Activities.

Communication problems are not only limited to non-native speaker interactions but also occur frequently between native English speakers who do not share the same culture. Therefore it is very important for us to know the cross-cultural communication problems in order to become a proficient speaker of English as an international language (EIL).

#### Part two: Ways to Develop Communicative Competence

##### Introduction

"Communication" could be defined as follows: It is sharing of meaning, sharing of information, by talking, writing, signaling, gesturing, singing, drawing, dancing, etc.

We cannot Not communicate. We are always communicating with our whole beings. We can refrain from communicating verbally, i.e., with words(=verbal communication), but we cannot escape nonverbal communication, i.e., communicating without words.

Words usually carry content information. On the other hand, nonverbal communication is our mode to share feeling with one another and deal with the process of human relationships. Much of our communication is face to face and without words. We share a variety of information by appearance, gestures, posture, facial expressions, vocal cues, silence(s), spatial relations, time, touching, etc.

Meanings of nonverbal signals, however, differ from one culture to another, because cross-cultural differences between the encoder(sender) and the decoder(receiver), i.e., knowledge, experience, value systems,culture, feelings and meanings cannot be the same. So why communication breaks down is that encoded meaning is not correctly decoded grammatically and phonologically, but the most difficult problem of communication is how to interpret the message. Effective communication exists between two persons when the receiver interprets the sender's message the same way the sender intended it.

### 1. How To Develop Communicative Competence In Spoken English

Communicative Competence is the ability to interact meaningfully with members of other cultures; the ability to function in a truly communicative setting — that is, in a dynamic exchange in which linguistic competence must adapt itself to the total informational input, both linguistic and paralinguistic, of one or more interlocutors.

- ( 1 ) To be able to express ideas orally and effectively on a person-to-person basis and to an audience.
- ( 2 ) To be able to remember information, both general and specific, from an oral presentation by summarizing and / or interpreting the content.
- ( 3 ) To be able to participate in group discussions by
  - ( a ) planning activities for a group discussion.  
Planning should include:
    - 1 ) choosing a group leader
    - and 2 ) setting up questions for discussion  
(or selecting a topic for discussion).
  - ( b ) demonstrating the ability to
    - 1 ) take turns in speaking,
    - 2 ) listen to others when they speak,
    - and 3 ) stay on the subject while taking part in a discussion.
- ( 4 ) To be able to apply techniques for leading a discussion by
  - ( a ) describing the rules that should be followed by the leader of a discussion group.
  - ( b ) evaluating the techniques used by a discussion leader according to the following criteria:
    - 1 ) introducing the topic under discussion,
    - 2 ) refraining from giving personal views,
    - 3 ) deciding who is to speak,
    - 4 ) keeping the discussion moving on the topic,
    - 5 ) giving everyone a chance to speak,
    - and 6 ) summarizing the main points.
  - ( c ) demonstraing the ability to lead a discussion group.

### COMMUNICATION PRACTICE ACTIVITIES ... (1)

- [ 1 ] Presentation of the problem(s) by.....
- [ 2 ] Small group discussion (5—6 students per group)
- [ 3 ] Summary and group presentation  
(A reporter from each group will present the summary and/ or decision of the group to the entire class. Each report should be limited to 3 minutes.)

#### i ) The Recognition-Production Distinction

One of the most important things which a student must do if his study is to be efficient is to make a clear distinction between the materials he must learn for recognition and those which he must learn for production. Until he reaches an advanced level, a student needs to know only one way of expressing a notion, but he must be prepared to understand a number of different expressions with the same or similar meanings. This fact is very important when considering which items to study and how much time to spend on them.

**Reality: Context, Gestures and Feeling**

Context is a very important factor in language learning, ... The study of isolated words is of limited value, in my opinion, and practicing with sentences or brief conversations is much better. When I start to learn a new Japanese expression, I try to put it into a context and I actually hold conversations with myself. For example, let us say that I am learning the expression to be in hot water (meaning to be in trouble or in a difficult situation). I may say to myself, "You'll be in hot water if you do that." And I may reply to myself, "Yes, but what can I do? There is no way out." (All in Japanese.)

I will not only say these things, I will also act out appropriate feelings, using gestures, face expressions, anything that will make the situation as lifelike as possible. If I practice an expression which shows sorrow, I make a very sad face. If I practice an expression showing anger, I get angry. I cannot scientifically prove that this method is effective, but there is some research indicating that acting out and "doing" while learning are effective activities.

**2. Nonverbal Communication**

Nonverbal communication is the process of sending and receiving messages without using language. Communication scholars have recently estimated that verbal messages even in face-to-face interactions carry no more than 35 percent of the social meaning of the situation. In 1972 Albert Mehrabian carried out an experiment in which the relative effects of facial expression, tone of voice, and contents of speech were compared. The results were that ratings of positive attitude (liking) = 7% (verbal content) + 38% (tone of voice) + 55% (facial expression). In other words, both of the nonverbal signals (tone of voice and facial expression) had much more effect than the verbal content, and of the two nonverbal signals the latter had more effect than the former.

One attempt at classifying nonverbal signs suggests three major categories: sign language for the typical hand gestures; action language for the general body movements; and object language for the message suggested by material things such as clothes, hair, gifts, etc.

In addition to the physical signs classified above, voice itself or paralanguage (nonverbal-vocal) has been identified, as proved above, as a very significant nonverbal communicative element. The way man projects his voice is directly related to his mood and message as well as to the distance or space between him and the other person.

**(1) Bodily and Facial Expressions**

Some aspects of man's physical movements are culturally conditioned while other aspects are hereditary and universal, and still others are individually based. The study of culture-conditioned physical nonverbal signs has recently attracted the attention of communication scholars, and it includes any physical movement that is learned by man, accepted and required by a certain culture. This would include, for example, the Japanese smile, bowing and beckoning with the palm down in Japanese culture, and shaking hands and beckoning with the palm up in Western culture.

The principal forms of expressive action are descriptive, suggestive, and emphatic. The Japanese speaker of English feels very awkward in developing new expressive habits.

**COMMUNICATION PRACTICE ACTIVITIES ... (2)**

[ 1 ] Express the following nonverbally first, and then both verbally and nonverbally.

How pretty you are!  
I'm tired and hungry.  
How cold!

I hate you. Get out of here.  
 What a funny story!  
 No, no. I don't speak English.

[ 2 ] Impersonate the following characters.

A student tired of studying late at night.  
 A boy who happens to see a pretty girl and tries to catch her attention.  
 A gentleman without his umbrella, waiting impatiently for the shower to stop.  
 A young husband who is very angry at his wife.  
 An old woman walking against the cold wind.  
 A timid burglar who is about to break into a house.

[ 3 ] Review the above activities on videotape, and discuss Japanese nonverbal communicative signs.

[ 4 ] A simple test on how accurately you can read non-Japanese facial expressions.

( 2 ) Nonverbal-Vocal (Paralinguistic) Signs

The human ability to communicate information through vocal nuances is familiar to everyone. In many settings the vocal message may contradict the verbal one. When you say, for example, to your friend, "That was really a great joke," but your tone and quality of voice imply "That was one of the dumbest stories I've ever heard," then you are most likely to be perceived as sarcastic. Studies of such conflicting messages on vocal and verbal levels suggest that you are more likely to respond to the vocal cues than to the verbal message. There are other situations in which we do not consciously try to communicate with our voice, but we do unconsciously. This aspect of nonverbal-vocal communication is called paralinguage, and it includes such elements as pitch, loudness, speed, pause, quality, non-fluency, etc. to add information about the speaker's attitude toward the listener, the message, and the content as well as the channel.

When you talk in a monotone at the same rate and at the same level of loudness, you will lose much of the nonverbal potential of oral communication. The Japanese learners of English should train themselves so they have considerable ranges of pitch flexibility, loudness variations, and speed of speech.

**COMMUNICATION PRACTICE ACTIVITIES ... (3)**

- [ 1 ] See how many different attitudes and feelings you can express in the single utterance "Aaa....."
- [ 2 ] Try the same in the sentence "You're pretty," and express different feelings such as praise, jealousy, sarcasm, boredom, anger, disappointment, shock, etc.
- [ 3 ] Analyze the feelings of the following and express them appropriately in the single word sentence, "Rain."  
 "Rain." (After a month-long drought.)  
 "Rain." (You are walking without your umbrella.)  
 "Rain." (It has been rainy for a whole week.)  
 "Rain." (You have to cancel your picnic.)  
 "Rain." (The weather forecast has failed again.)
- [ 4 ] Read the question, "What are you doing?" as it would be expressed by:  
 A burly policeman.  
 A kind old man.  
 A scared little boy.  
 A suspicious young wife to her husband.

- [ 5 ] Read each of the following twice; first in a monotone, and second with an appropriate vocal quality suggested by emotional mood of the sentence:

“Watch out, Jack! It’s hot.”

“What a wonderful sunset!”

“I’m bored and sleepy.”

“What do you want? I’m busy now.”

“He’s terrible. I hate him.”

“I’ve just heard about your father’s death. I’m sorry.”

### ( 3 ) Oral Interpretation of Literature

The term “Interpretation” might sound still new and unfamiliar to many Japanese teachers and students of English. Charlotte Lee, an authority in the field, defines it as “the part of communicating to an audience, from the printed page, a work of literary art in its intellectual, emotional and aesthetic entirety. The writer is the creative artist; the interpreter, the recreative artist.”

The role of the interpreter is to translate the symbols of speech so as to stimulate others into developing meanings which are as similar as possible to those which the interpreter has developed for himself. In other words, oral interpretation consists of two major processes: first, the interpreter must get the full meaning of the literature for himself; second, he must communicate the messages orally, both verbally and non-verbally, to the audience.

Oral interpretation 1) helps the interpreter discover the ideas and emotional sensitivities in literature, 2) gives him an expressional experience, 3) gives him an effective approach to literature — analysis, synthesis, and presentation, 4) provides him with a foundation for other kinds of oral communication, 5) improves his voice and bodily expressions, and 6) furnishes cooperation, confidence, and responsibility in presenting group activities.

### COMMUNICATION PRACTICE ACTIVITIES ... (4)

- [ 1 ] Read the following, giving considerable force to the italicized parts and normal force to the phrases not italicized.

“I know not what others may think, but as for me, *give me liberty or give me death.*”

“This is the last time I shall request *those boys in the back row* keep quiet.”

- [ 2 ] Analyze the emotional mood in each line of the following selection, and read with an appropriate voice quality.

He turned his face unto the wall,

And death was with him dealing!

“Adieu, adieu, my dear friends all,

And be kind to Barbara Allan.”

— Author unknown

- [ 3 ] Analyze the emotional mood in each line of the following and determine the mood, the approach and the feeling expressed. Note the word grouping and general rhythm.

The day is cold, dark and dreary;

It rains and the wind is never weary;

The vine still clings to the mouldering wall,

And the day is dark and dreary.

— Henry W. Longfellow

[ 4 ] Read the following with emotions as indicated, and then listen to the tape.

1 ) Loudly

- ( a ) Look out, Biff!
- ( b ) Tom! Wake up! It's late! You must get up and get dressed.
- ( c ) Darling — I'm out of cigarettes.

2 ) Whispering

- ( a ) He is a drunkard.
- ( b ) (In a fierce whisper) What is the matter with you, you silly thing?
- ( c ) Doc'll help. I'll get money from him. You meet me at his drugstore.

3 ) Angrily

- ( a ) Leave me alone, will you?
- ( b ) Shut up. He's not stealing anything.
- ( c ) Please leave the subject. I wanted your opinion — not your money.

4 ) Anxiously

- ( a ) You are looking quite pale.
- ( b ) Did I — Pat, tell me the truth — did I hurt her?
- ( c ) Has there been a little bother?

5 ) Cheerfully

- ( a ) What a glorious day!
- ( b ) That's all right.
- ( c ) I'm so glad you enjoyed it.

6 ) Sympathetically

- ( a ) That's too bad.
- ( b ) I was very sorry to hear about your sister.  
My deepest sympathies.

7 ) Impatiently

- ( a ) Why are you trembling?
- ( b ) Can't you find them, dear?
- ( c ) For heaven's sake. Come along, Gladys.

8 ) Breathlessly

- ( a ) I — can't dance.
- ( b ) Mother — you go to the door.
- ( c ) I didn't know what to say — I was too surprised.

9 ) Laughing

- ( a ) Ha ha ha! How very interesting!
- ( b ) (Laughing appreciatively) You better go down and tell them what to do, Biff.
- ( c ) (With a slight, nervous laughter) Oh, dear. That's not very nice to hear.  
(Smiling) Your brother tells me you're shy. Is that right, Laura?

10) Sobbing

- ( a ) What a sad thing! I feel dreadfully sorry for her.
- ( b ) Not — going — to — be — shot!
- ( c ) Oh, John, I don't know what's going to happen to me.
- ( d ) Willy, dear. I can't cry. Why did you do it?  
I search and search, and I search, and I can't understand it, Willy. I made the last payment on the house today. Today, dear. And there'll be nobody home. (A sob rises in the throat.)

### 3. Communication Between Two Different Cultures

Many experts say that language and culture cannot be separated. As a part of a culture, language serves both to guide actions of the people of that culture and as a mirror of the culture. When you listen to the way people talk, you will learn a little about what they are thinking. It is also possible that some languages encourage their speakers to think more in terms of individuals or groups. A lot of junior and senior women teachers of English in Japan tell me that they feel more selfish and less feminine when they speak English than when they speak Japanese. Many Japanese students who speak English very well have said that they feel more individualistic when they speak English.

Although a language is only a part of a culture, I think it possible that language has some influence on how one thinks or feels. In other words, a language might have some influence on its speakers. This is not a new idea. Some people even said that our language completely controls our thinking.

Benjamin Whorf felt that language contained hidden rules about a culture. He discovered that the fish which take “s” in the plural are not usually eaten. In contrast, those which do not use “s” are eaten — tuna, salmon, trout, and others. This example shows that there are connections between how we talk, how we think and how we act.

Ray L. Birdwhistell suggests that communication among humans is at most made up of only 35 percent verbal exchange. The rest, 65 percent, is nonverbal communication. Thus, for communication to take place between members of the same culture, both speakers and listeners have to be “in tune” to both the language and the nonverbal communication employed by each; otherwise, communication suffers, and we may not be able to understand what is being “said”.

In the field where space is studied, it is reported that the personal, uninvadable distance at which you should stand away from somebody else in the United States among Anglos and in many other northern European countries is from 18 inches to 30 inches. In the field that studies the way our eyes behave in interpersonal relationships, it is also reported that you will find a clear contrast between Puerto Rican and American nonverbal systems.

In a farming culture seen in Japan where farmers are expected to group themselves together, there are group thinking, group feeling, and group behavior for a shared goal. Japanese students have scarcely been encouraged to analyze things, much less to think of their own; they are supposed to feel. Zen training has something to do with this, I think. Because Zen training begins with getting away from thinking in the head — including logic, reason, and even the ability to put things in words. The more eloquent you are, the further you tend to get away from the truth. This means that communication of feelings requires a good deal of sensitivity and intuition. The Japanese are particularly good at this because they are homogeneous and stick together. So, in Japan, the individual is bound by social connections to family, company, financial world, and government. All are connected. Conformity and communication are assured by these bonds. Japan doesn't need “why” questions and “because” answers.

The Japanese, by nature, refuse to be pinned down, to answer yes or no. The reason is not deliberately to confuse, but rather to avoid sharpening differences, to reduce debate, and to promote harmony. The Japanese prefer the vague, the imprecise, the unspecified. This characteristic is just what makes it difficult for foreigners to understand. On the other hand, America, and indeed the West in general, has a “why/because” culture. Debate, definition, and distinction are encouraged. But not so in Japan. The Japanese should pay more attention to cultivating the rational way of thinking. Japan and the West are different, and it's important to understand these differences in order to go beyond them to unity and harmony.

- ii) A major problem that faces the new arrival is how to learn Japanese. There are good and bad texts here, and there are good and bad teachers. A bad text begins with the "This is a ..." structure, a sure sign that it has been written by a teacher who is thinking only of what is easy to teach, and who has not considered what a foreigner needs to say. A good text begins with greetings, things like "Do you understand?" / "Yes, I do," and "No, I don't," and will soon lead on to how to buy things and how to ask the way. A "trendy" text will teach things like asking for the Fare Adjustment Office in a station — quite useless, but it impresses with its apparent efficiency. (Why is it useless? Just think: if there is such an office, it is visible from the exit, so you don't need to ask for it. If there isn't such an office, there is no point in asking for it. In any case, if you know how to buy tickets, you don't need to pay extra at your destination.)

Similarly, a teacher who is ill-trained or just plain lazy can be recognised instantly. He or she comes into a class and says, "Does everyone here understand English? Ah, good, it saves a lot of time." Now, the reason so many Japanese are unable to speak English after years of study is that their teachers have described English in Japanese instead of teaching English directly. People brought up in this way of thinking become Japanese teachers and expect to teach Japanese by describing it in English.

- iii) ... in the study of cross-cultural communication problems, we now know that the root problem for mankind is how to handle challenges to our sense of personal identity. Culture, in terms of practical experience, is in fact intimately tied up with our individual sense of identity. When we enter another culture for the first time, we encounter many customs and ways of personal behavior that are different to those we are accustomed to at home. ...

In short, cross-cultural encounter represents one of the profoundest challenges that man can have. It is pervasive, multi-levelled, and directly threatens our often preciously guarded sense of who we are.

If the challenge of cross-cultural communication is so great, then, what are the prospects for people becoming effective, successful cross-cultural communicators? Are there ways we can teach ourselves, train ourselves, discipline ourselves, without violating our own integrity? Unquestionably, there must be, for long before the concepts of "cross-cultural communication" or "international man" became popular or meaningful, men and women of many countries were traveling abroad and handling competently all the challenges of living and communicating in a very different culture. ...

Perhaps the highlight of this type of training for newcomers is the use of cultural mini-dramas. These are short three-act plays, where the participants themselves play the roles. Usually, there will be two or three mini-dramas used, each bringing out specific cultural differences between Americans and Japanese. In the one that follows, some simple differences in expectations about communications are dramatized. At the points indicated in the text, the drama is stopped, and the observers are invited to talk about their feelings and responses. As you read through, you will no doubt notice that the drama begins with a situation that seems to invite the identification of the foreign audience with the woes and dilemmas of the foreign characters in the drama. That is to say, the opening seems to reinforce common cultural values. As the drama proceeds, however, more and more doubt is cast upon this comfortable assumption. And by the end of the drama, the Japanese behavior that seemed so offensive and inexplicable at the beginning has become explicable and consolingly human, and the worries and resentment of the foreigners seen as proceeding out of fears and insecurities having little justification in reality. Think of these points as you read the script.

**Communication Problem: Mini-Drama**

Four Characters: Debbie, Bruce, A Japanese conductor, and Japanese passenger.

**Act I**

Narrator: An American couple, Debbie and Bruce Reynolds, are making their first trip to Kyoto on the bullet train (shinkansen). They have just entered their coach and are looking for their reserved seats.

Debbie: 18 D and E, right? Here we are... Oh, look, Bruce, (in lowered voice) that man has his feet on our seats. Excuse me (looking at Japanese passenger disapprovingly), These are our seats... SEE—TOE (in a loud voice).

Narrator: The Japanese man removes his feet, keeping his eyes lowered, and pulls his seat back towards himself.

Debbie: (in lowered voice) That really upsets me. I've never seen an American do that. So gross ... Look, there's another Japanese doing it.

Bruce: Yeah. Kind of rude. And crude.

(Class Discussion)

**Conclusion**

People always ask me, "Why can't Japanese speak English?"

There is simply no one answer to the question, but I think that if a single thing must be changed, it is the level of speaking in teachers.

Why the teacher? Simply because we are the only persons through whom the student experiences English (besides the Juku teacher). We are the ones responsible to teach speaking to students. We are models. Therefore, one major problem we must face is how to become better models. We must improve our own English. If we do, our students will improve, too. This section suggests, I believe, many ways for us to become better communicators of English.

Learning should be a continual process. We must always be adding to and improving our knowledge. There are specific reasons why it is essential for Japanese teachers of English to constantly practice their English. One is that many teachers were not given instruction in the hearing and speaking aspects of the language and must therefore find some way to improve those skills. Another is that for us to retain mastery of a second language requires practice. Otherwise it is all too easy for us to forget what we have learned. A third reason is that language is by nature constantly changing and evolving. New words are coined, old words take on new meanings, some words are dropped from popular usage altogether. Teachers must work actively to keep up with all these changes.

The question naturally arises, "How can I improve my English?" Obviously, the best way would be to spend several years abroad, but this is just not possible. Therefore, we are obliged to discover the resources around us and within ourselves, and then make use of them. Improving our English will require a positive effort on our part. It will not be easy work, but once we have formed the habit of practicing, the activities we use to practice English will become second nature. If we practice faithfully, we will certainly see results not only in ourselves but in our classrooms as well.

**A List of References:**

- 1) Alatis, James E. et al.: The Second Language Classroom: Directions for the 1980's, Oxford Univ. Press (1981)
- 2) Argyle, Michael: Bodily Communication, The Hokuseido Press (1981)
- 3) Barnland, Dean: Communicative Styles of Two Cultures, Kinseido (1984)
- 4) Brumfit, C. J. and Johnson, K.: The Communicative Approach To Language Teaching, Oxford Univ. Press (1983)
- 5) Condon, John, C.: Interpreting Culture, -Essays on Intercultural Communication -, Seibido (1983)
- 6) Fast, Julius: Body Language, Kinseido (1984)
- 7) Finocchiaro, Mary and Brumfit, Christopher: The Functional-Notional Approach From Theory To Practice, Oxford Univ. Press (1983)
- 8) Hayakawa, S. I.: Through The Communication Barrier, The Hokuseido Press (1984)
- 9) Hughes, Glyns: A Handbook of Classroom English, Oxford Univ. Press (1982)
- 10) Nema, Hiromi and Abe Linda S.: Explain It In English, Kinseido (1983)
- 11) Richards, Jack C. & Bycina, David: Person to Person Communicative Speaking and Listening Skills Book 1, Oxford Univ. Press (1981)
- 12) Rivers, Wilga M. and Temperaley, Mary A.: A Practical Guide to the Teaching of English As a Second or Foreign Language, Oxford Univ. Press (1978)
- 13) Samovar, Larry A. et al.: Understanding Intercultural Communication, Asahi Press (1985)
- 14) Yunus, Noorazlina: Preparing and Using Aids For English Language Teaching, Oxford Univ. Press (1983)

**Notes**

- i ) Earnest Richter: Eleven Thoughts on the Study of English (The Study of Current English, Kenkyusha July, 1982)
- ii ) Doreen Simmons: Digging In - An Englishwoman Gets To Grips with Living In Japan (The Study of Current English, Kenkyusha November, 1982)
- iii ) Robert M. March: Training Americans To Communicate Better With Japanese (The Study of Current English Kenkyusha November, 1982)

(昭和60年10月15日受付)

# 一般の二次曲面の描き方

(数学) 岡 中 正 三

## A Method of Drawing General Quadratic Surfaces by Micro-Computer

Shozo OKANAKA

Our last report presented a method of drawing normal quadratic surfaces on CRT by micro-computer. The present report concerns the drawing of general quadratic surfaces. For this purpose, a change of coordinate, transforming an equation into a normal form by the theory of quadratic form, is necessary. The relation between the original coordinates and the new coordinates is important. It is well known that new coordinates are obtained by rotating the original coordinates three times. The author has designed a program which will be helpful in understanding this relation.

### § 1 まえがき

前報<sup>1)</sup>においては、二次曲面の標準形をディスプレイ上に描き出すまでを詳しく論じた。本報では一般の二次曲面の描き方について論ずる。標準形の場合と違って、方程式が与えられてもそのグラフがすぐに描ける訳ではない。二次形式の理論を使って、標準形になるように座標軸を変換しなければならない。ここで大切なことは、元の座標系と新しい座標系の関係がどうなっているかということである。この点については、新座標系は旧座標系を三度回転したものであるということが知られている<sup>3)</sup>。筆者は、そのことをより良く認識できるように、グラフ化を試みた。一般の二次曲面を描くプログラムは、二次形式の理論をふまえて前報のプログラムを一部修正及び追加した。

### § 2 二次形式の理論と座標変換

3変数  $x, y, z$  の2次方程式

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{23}yz + 2a_{31}zx + 2a_{12}xy + c = 0 \quad (1)$$

が与えられたとき、行列

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix}$$

の固有値を  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  とし、各固有値に対する単位固有ベクトルを  $\mathbf{l}_1 = (l_{11}, l_{21}, l_{31})$ ,  $\mathbf{l}_2 = (l_{12}, l_{22}, l_{32})$ ,  $\mathbf{l}_3 = (l_{13}, l_{23}, l_{33})$  とする。このとき、 $\mathbf{l}_1, \mathbf{l}_2, \mathbf{l}_3$  を基本ベクトルとする新座標系を考え、その座標系に関する座標を  $(X, Y, Z)$  とすると、式(1)は

$$\lambda_1 X^2 + \lambda_2 Y^2 + \lambda_3 Z^2 + c = 0 \quad (2)$$

の形になる。ここで、2つの直交座標系に関する座標変換公式は、

$$\begin{cases} x = l_{11}X + l_{12}Y + l_{13}Z \\ y = l_{21}X + l_{22}Y + l_{23}Z \\ z = l_{31}X + l_{32}Y + l_{33}Z \end{cases} \quad \mathbf{x} = L\mathbf{y} \quad (3)$$

と表される。

ただし、

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x} = (x, y, z), \quad \mathbf{y} = (X, Y, Z)$$

である。行列式  $|L| = 1$  ならば、新座標系は右手系であり、 $|L| = -1$  ならば、左手系である。ここでは右手系だけを考えることにする。次に、

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{23}yz + 2a_{31}zx + 2a_{12}xy + 2b_1x + 2b_2y + 2b_3z + c = 0 \quad (4)$$

が与えられたとき、座標軸の直交変換  $\mathbf{x} = L\mathbf{y}$  を行なえば、

$$\lambda_1 X^2 + \lambda_2 Y^2 + \lambda_3 Z^2 + 2b_1'X + 2b_2'Y + 2b_3'Z + c = 0$$

となる。さらに、座標軸を原点が  $(X_0, Y_0, Z_0)$  になるように平行移動することにより、この方程式を2次曲面の標準形に変形できる。点  $(X_0, Y_0, Z_0)$  を原点とする新座標系に関する座標を  $(X', Y', Z')$  とすると、2つの直交座標系に関する座標変換公式は、

$$\begin{cases} X = X' + X_0 \\ Y = Y' + Y_0 \\ Z = Z' + Z_0 \end{cases} \quad (5)$$

で表される。

### § 3 座標軸の回転とオイラーの角

$L = (l_{ij})$  が行列式1の直交行列だから、 $l_{33} = \cos \theta$  となる  $\theta (0 \leq \theta \leq \pi)$  がただ一つ存在する。列ベクトル、行ベクトルの長さはすべて1であるから、

$$\begin{aligned} l_{13} &= \sin \theta \cos \varphi, & l_{23} &= \sin \theta \sin \varphi \\ l_{31} &= -\sin \theta \cos \psi, & l_{32} &= \sin \theta \sin \psi \end{aligned}$$

となるような  $\varphi, \psi (0 \leq \varphi, \psi < 2\pi)$  が存在する。

残りの成分は、 $L$  が行列式1の直交行列であることから自動的に決まり、多少複雑な計算の結果

$$L = \begin{pmatrix} \cos \theta \cos \varphi \cos \psi - \sin \varphi \sin \psi & -\cos \theta \cos \varphi \sin \psi - \sin \varphi \cos \psi & \sin \theta \cos \varphi \\ \cos \theta \sin \varphi \cos \psi + \cos \varphi \sin \psi & -\sin \theta \sin \varphi \sin \psi + \cos \varphi \cos \psi & \sin \theta \sin \varphi \\ -\sin \theta \cos \varphi & \sin \theta \sin \varphi & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (6)$$

が得られる。(6)を満たす $(\varphi, \theta, \psi)$ をオイラーの角という。一方、 $L$ は次のように分解できることが知られている<sup>2)</sup>。

$$L = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

ここで、さらに二つの座標系を考え、それぞれの座標系に関する座標を $(x', y', z')$ 、 $(x'', y'', z'')$ とし、次のような三つの座標変換を考える。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (10)$$

(8)は、元の座標系を $z$ 軸のまわりに角 $\varphi$ だけ回転したものが、2番目の座標系であることを示している。(9)は、2番目の座標系を $y'$ 軸のまわりに角 $\theta$ だけ回転したものが、3番目の座標系であることを示している。また、(10)は、3番目の座標系を $z''$ 軸のまわりに角 $\psi$ だけ回転したものが、新座標系であることを示している。(7)より、(8)、(9)、(10)の座標変換を続けて行なうと、

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

となることがわかる。結局、 $l_1, l_2, l_3$ を基本ベクトルとする新座標系は、元の座標系を三度回転したのになっている。

#### § 4 マイコンで座標軸の回転を見る

§ 3の(6)によれば、 $l_{33}$ から $\theta$ が決まり、 $l_{13}, l_{23}$ から $\varphi$ が決まり、 $l_{31}, l_{32}$ から $\psi$ が決まることがわかる。そこで、この5つの数値 $l_{33}, l_{13}, l_{23}, l_{31}, l_{32}$ を入力することによって、オイラーの角 $(\varphi, \theta, \psi)$ を求めるプログラムを作ることができる。

例えば、

例 1

$$L = \begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & -\frac{3}{4} & \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \\ -\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} & \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

のとき、 $\theta = 60^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\psi = 45^\circ$

例 2

$$L = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ -\frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{2}{\sqrt{6}} \end{pmatrix}$$

のとき、 $\theta = 35.3^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\psi = 0^\circ$

となる。

さらに、座標軸の回転の様子を見るために、次のような手順によるプログラムを作ってみた。

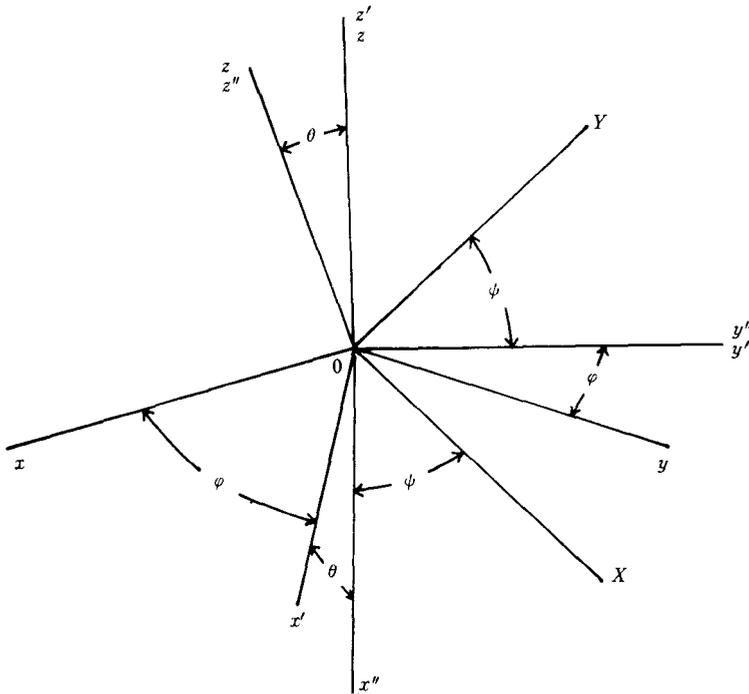


図 1

- (1) 元の座標軸を白で描く
- (2) 固有ベクトル  $l_1, l_2, l_3$  を入力することによって、新座標軸を緑で描く
- (3) 角  $\varphi$  を入力することによって、第1の回転に伴う座標軸を赤で描く
- (4) 角  $\theta$  を入力することによって、第2の回転に伴う座標軸を黄色で描く
- (5) 角  $\psi$  を入力することによって、第3の回転に伴う座標軸を水色で描く

当然のことであるが、(2)と(5)の座標軸は一致する。このプログラムを実行することにより、新座標系は、旧座標系を三度回転したものであるということが鮮明に理解できる。図1は、例1の場合についての実行結果である。

### § 5 一般の二次曲面の描き方

ここでは、一般の二次曲面の描き方について述べる。準備として、方程式(4)が与えられた場合、固有値  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  とそれらに対応する単位固有ベクトル  $l_1 = (l_{11}, l_{21}, l_{31})$ ,  $l_2 = (l_{12}, l_{22}, l_{32})$ ,  $l_3 = (l_{13}, l_{23}, l_{33})$  を求めておく。平行移動が必要な場合は、新しい原点  $(X_0, Y_0, Z_0)$  も求めておく。

プログラムの手順は、

- (1) プログラムを実行すると、元の座標軸を白で描く
- (2) 新しい原点  $(X_0, Y_0, Z_0)$  を入力する。平行移動の必要がない場合は、 $(0, 0, 0)$  を入力する
- (3) 固有ベクトル  $l_1, l_2, l_3$  を入力すると、新座標軸を緑で描く
- (4) 与えられた二次曲面が、どんな種類か(楕円体か双曲面か等)によって、サブルーチンを選び、それに応じて  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  を入力すると、二次曲面を緑で描く

である。

ここで、少しプログラムの説明をしておく。以下に示すプログラムにおいて、265行は、新しい原点の入力である。267行~271行は、固有ベクトル  $l_1, l_2, l_3$  の入力である。275行~280行は、旧座標系に関する新座標系の原点の座標を示す。285行~295行は、旧座標系に関する新しいX軸、Y軸、Z軸の先端の点の座標を示す。以上で、必要な点についての旧座標系に関する座標が求まったので、300行~340行で新座標軸を描いている。

```

265 INPUT 'X0,Y0,Z0';X(1),Y(1),Z(1) : D(1)=X(1) : D(2)=Y(1) : D(3)=Z(1)
267 INPUT 'L(1,1),L(2,1),L(3,1)';A(1),A(2),A(3)
269 INPUT 'L(1,2),L(2,2),L(3,2)';B(1),B(2),B(3)
271 INPUT 'L(1,3),L(2,3),L(3,3)';C(1),C(2),C(3)
275 X(1)=A(1)*D(1)+B(1)*D(2)+C(1)*D(3)
277 Y(1)=A(2)*D(1)+B(2)*D(2)+C(2)*D(3)
280 Z(1)=A(3)*D(1)+B(3)*D(2)+C(3)*D(3)
285 X(2)=15*A(1)+X(1) : Y(2)=15*A(2)+Y(1) : Z(2)=15*A(3)+Z(1)
290 X(3)=13*B(1)+X(1) : Y(3)=13*B(2)+Y(1) : Z(3)=13*B(3)+Z(1)
295 X(4)=15*C(1)+X(1) : Y(4)=15*C(2)+Y(1) : Z(4)=15*C(3)+Z(1)
300 FOR I=1 TO 4
310 GOSUB *PHENKAN
320 GOSUB *HENKAN
330 NEXT I
340 N=4 : GOSUB *AAXIS

```

曲線を描く以下のプログラムにおいて、標準形の場合との違いは、4163行と4166行の2つのサブルーチンが加えられたことである。4160行の  $X2, Y2, Z2$  は、それぞれ新座標系に関するX座標、Y座標、Z座標である。それらを、サブルーチン\*QQHENKANで平行移動する前の座標系に関する座標に変換し、さらにサブルーチン\*QHENKANで元の座標系に関する座標に変換している。後は、前報で述べた方法によって曲線を描いている。

```

4140 FOR P=SQR(5.5*L) TO 0 STEP -2*SQR(5.5*L)/10
4150 FOR Q=-SQR(M)*SQR(6-P*P/L) TO SQR(M)*SQR(6-P*P/L) STEP .1
4160 X2=P ; Y2=Q ; Z2=P*P/L+Q*Q/M
4163 GOSUB *QQHENKAN
4166 GOSUB *QHENKAN
4170 GOSUB *PPHENKAN
4180 GOSUB *ZHENKAN
4190 IF Q=-SQR(M)*SQR(6-P*P/L) THEN POINT (XX,2*C-YY),4
4200 NEXT
4210 NEXT
6110 *QHENKAN
6120 X=A(1)*X2+B(1)*Y2+C(1)*Z2
6130 Y=A(2)*X2+B(2)*Y2+C(2)*Z2
6140 Z=A(3)*X2+B(3)*Y2+C(3)*Z2
6150 RETURN
6160 *QQHENKAN
6165 Z2=2*Z2
6170 X2=X2+D(1)
6180 Y2=Y2+D(2)
6190 Z2=Z2+D(3)
6200 RETURN

```

次に、曲面を描く具体例を2つ示す。

1) 座標軸の回転だけの場合

$$\boxed{\text{例 3}} \quad x^2 + 2y^2 + 3z^2 - 4xy - 4yz - 10 = 0 \quad (11)$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ -2 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & 3 \end{pmatrix}$$

の固有値は、 $\lambda_1 = 2$ ,  $\lambda_2 = 5$ ,  $\lambda_3 = -1$  であり、それらに対する単位固有ベクトルは、 $\mathbf{l}_1 = (2/3, -1/3,$

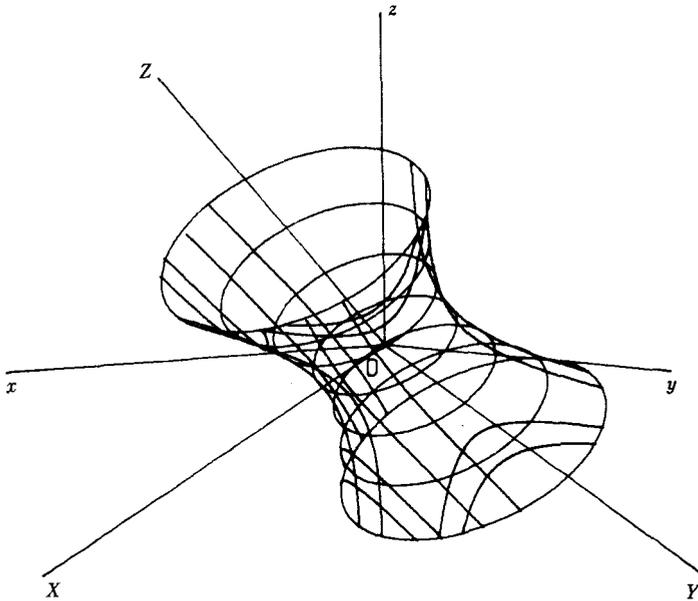


図 2

$-2/3)$ ,  $\mathbf{l}_2 = (-1/3, 2/3, -2/3)$ ,  $\mathbf{l}_3 = (2/3, 2/3, 1/3)$  となる。これらのベクトルを基本ベクトルとする新座標系に関する座標を  $(X, Y, Z)$  とすると、式 (11) は、

$$2X^2 + 5Y^2 - Z^2 = 10$$

すなわち、

$$\frac{X^2}{5} + \frac{Y^2}{2} - \frac{Z^2}{10} = 1 \tag{12}$$

となり、一葉双曲面の標準形である。

図 2 が、例 3 の場合のグラフである。

2) 座標軸の回転と平行移動を行う場合

例 4  $x^2 + y^2 + 2z^2 - 2yz - 2zx - 2x + 2y - 18z + 14 = 0$  (13)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

の固有値は、 $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 3, \lambda_3 = 0$  であり、それらに対応する単位固有ベクトルは、 $\mathbf{l}_1 = (1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2}, 0)$ ,  $\mathbf{l}_2 = (1/\sqrt{6}, 1/\sqrt{6}, -2/\sqrt{6})$ ,  $\mathbf{l}_3 = (1/\sqrt{3}, 1/\sqrt{3}, 1/\sqrt{3})$  となる。これらのベクトルを基本ベクトルとする新座標系に関する座標を  $(X, Y, Z)$  とすると、式 (13) は

$$X^2 + 3Y^2 - 2\sqrt{2}X + 6\sqrt{6}Y - 6\sqrt{3}Z + 14 = 0 \tag{14}$$

となる。そこで、新しい原点が  $(\sqrt{2}, -\sqrt{6}, -1/\sqrt{3})$  となるように平行移動し、その座標系に関する

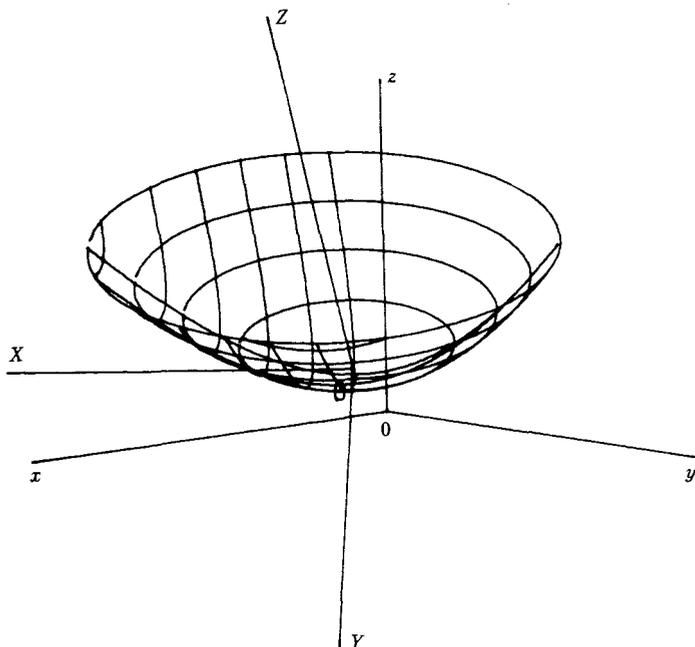


図 3

座標を  $(X', Y', Z')$  とすれば, (14) は,

$$X'^2 + 3Y'^2 = 6\sqrt{3} Z'$$

すなわち,

$$Z' = \frac{X'^2}{6\sqrt{3}} + \frac{Y'^2}{2\sqrt{3}} \quad (15)$$

となり, 楕円放物面の標準形である。

図3が, 例4の場合のグラフである。

## § 6 終わりに

筆者の本報でのねらいは, 理論のイメージ化である。すなわち, 二次形式の理論に従って求めた新座標系が, 元の座標系を三度回転したものであるということを実感できるようにしてみたことである。また, 一般の二次曲面を標準形に直すところまでで終わらないで, グラフ化してみた。このことが, 二次形式の理論の理解の助けになるものと思う。

## 参考文献

- 1) 岡中正三: マイコンによる二次曲面の描き方, 呉高専研究報告 19-2, 1984
- 2) 山内恭彦・杉浦光夫: 連続群論入門, 培風館
- 3) 斎藤正彦: 線型代数入門, 東京大学出版会

(昭和60年10月15日受付)

# パソコンで立体図を描く

(一般科目) 小 山 通 栄

## Drawing The Solid Figure by Personal Computer

Michie KOYAMA

Several methods of drawing solid figures are known. Here we have drawn the solid figure on the display, in terms of the wire-frame, by using the method of the hiding-line. This program is divided into a calculating part and a drawing part.

### § 1 まえがき

立体図を描く方法はいくつか紹介されている。今回はワイヤーフレームを使って、隠線処理を行なった立体図を描いた。これは昨年、情報処理の研修を受けた際、コンピュータ処理で行なった方法で、これの理論を基にパソコンを用いて立体図を描かせるプログラムを考えた。関数  $f(x, y, z) = 0$  で表わされる曲面の大きさを指定し、曲面、画面、視点の位置を指定した時、画面に表わされる曲面の立体図の大きさにディスプレイ上に描かれる様にした。又、パソコンではコンピュータと異い、計算に時間がかかる。このため、計算部分と図を描かせる部分に分けてプログラムは組んであり、計算値はフロッピーディスクに納めて保存できる様にした。

三次元座標から二次元座標(透視図座標)への変換式は森正武氏の透視図変換式を使い、斜景図座標への変換式は戸田英雄・小野令美氏の斜景図変換式を使った。又、隠線処理は森正武氏の理論に基づいて行なった。

### § 2 立体の曲面座標から透視図座標, 斜景図座標への変換

$z = f(x, y)$  で表わされる曲面の計算は関数を

$$x_0 \leq x \leq x_n, y_0 \leq y \leq y_n, z_0 \leq z \leq z_n$$

の範囲に決め、 $x$  軸方向及び  $y$  軸方向を  $M_x, M_y$  に分割する。 $x$  軸を  $M_x$  に分ける格子線を  $x$  格子線、 $y$  軸を  $M_y$  に分ける格子線を  $y$  格子線と呼ぶ。 $(x_0, y_0, z_0) - (x_n, y_n, z_n)$  の直方体で区切られた曲面を  $(0, 0, 0) - (X_w, Y_w, Z_w)$  の直方体に拡大又は縮小したものを視点  $E$  から見下す場合を考える。この直方体を図 1 の様に配置する。

曲面上の点の関数座標  $(x, y, z)$  と図形座標  $(X, Y, Z)$  の間には次の様な関係式が成り立つ。



$$\tau = \begin{cases} D - X_w \sin \alpha & (-\pi/2 \leq \alpha < 0) \\ D & (0 \leq \alpha < \pi/2) \end{cases}$$

透視図は直方体の基線が一番近い基面上の角と視点  $E$  を結んだ画面上の点  $Q$  を  $\eta=0$  とする。 $V_0$  を  $\xi=0$ , 視高 ( $H$ ) を基面から上へ負にとると, 点  $P$  は  $(X, Y, Z)$  の画面への透視図座標  $(\xi, \eta)$  は

$$\begin{aligned} \xi &= (X \cos \alpha - Y \sin \alpha + \sigma) \cdot L / (X \sin \alpha + Y \cos \alpha + \tau + L) \\ \eta &= (H + z) \cdot L / (X \sin \alpha + Y \cos \alpha + \tau + L) - L \cdot \tan \tau \end{aligned}$$

となる。但し,  $H = (L + D) \tan \tau$  である。

次にこれを斜景図座標に直す。斜景図画面は  $E$  から物体を眺めた時, 物体を見る最大角と最小角を二等分する線分に垂直に  $Q$  を中心に傾ける。この傾斜角  $\delta$  は

$$\delta = \frac{1}{2} \left( \tan^{-1} \frac{H + Z_w}{L + D + |X_w \sin \alpha| + |Y_w \cos \alpha|} + \tau \right)$$

で表わされる。 $V_0'$  を  $u=0$  とすると, 点  $P$  の透視図座標  $(\xi, \eta)$  と斜景図座標  $(u, v)$  の関係式は

$$\begin{aligned} v &= \eta \cos \varphi / \cos (\varphi - \delta) \\ u &= \xi (L - v \sin \delta) / L \end{aligned}$$

となる。但し,  $\varphi = \tan^{-1} \{ (L \tan \tau + \eta) / L \}$  である。

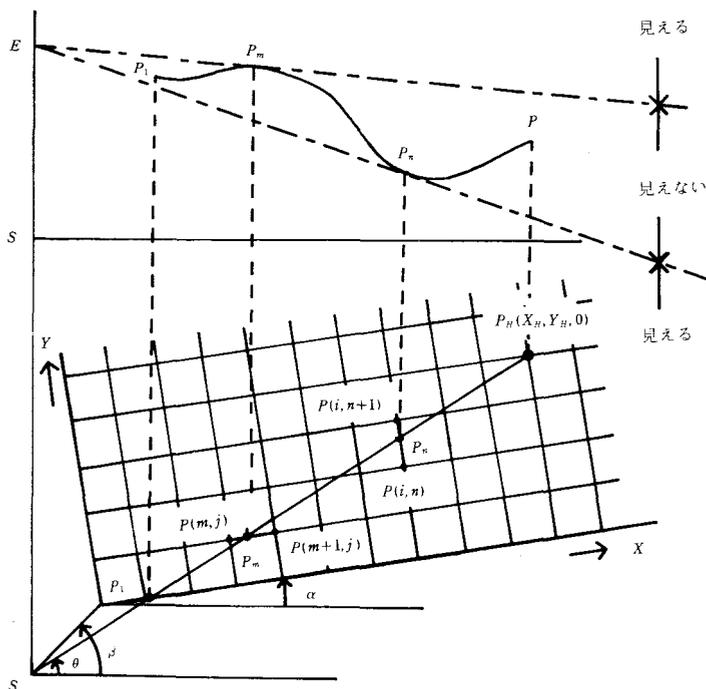


図 3

### § 3 隠線処理

$z=f(x, y)$  で表わされる曲面の各格子点での値は前の変換式を使って透視図座標又は斜景図座標に変換し、配列に入れておく。例えば、点  $P(x, y, z)$  が見えるか見えないかは次の様にする。図 3 の様に停点  $S$  と点  $P$  から基面へおろした足  $P_H$  を結ぶ線と各格子線との交点を  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_k$ 。それらの透視図(斜景図)座標を  $(u_1, v_1), (u_2, v_2), (u_3, v_3), \dots, (u_k, v_k)$  とする。交点  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_k$  の図形座標  $(X_k, Y_k, 0)$  を求めるために先ず、図形座標で直線  $P_H S$  の傾き  $T_x$  を求めると、

$$T_x = (L \cos \alpha - \xi \sin \alpha) / (\xi \cos \alpha + L \sin \alpha)$$

従って、直線  $P_H S$  の方程式は  $P_H$  の座標を  $(X_H, Y_H, 0)$  とすると

$$Y = T_x(X - X_H) + Y_H$$

となる。 $(i+1)$ 番目の  $x$  格子線は図形の大きさ  $(X_w)$ 、分割数  $(M_x)$  が指定してあるから

$$X = (X_w/M_x)i$$

で表わされ、この  $i$  を順次変えて直線  $P_H S$  の交点の  $Y$  座標が求められる。この時、 $\theta < -\alpha$  の時は、 $(i+1)$ 番目から  $i$  の値を1ずつ増し、 $\theta \geq -\alpha$  の時は  $i$  の値を1ずつ減じて点  $P_H$  から  $S$  に向けて交点の  $v$  の値を計算して行く。この時、 $\theta < -\alpha$  の時  $i$  は  $M_x$  を越えることはなく、 $\theta \geq -\alpha$  の時、 $i$  は 0 より小さくなることはない。又、図形座標では負になることはないので  $0 \leq Y \leq Y_w$  の範囲で行なう。交点の  $v$  の値は交点をはさむ格子点  $v_n, v_{n+1}$  の値から一次補間によって求める。例えば図 3 において、交点  $P_n$  は点  $P(i, n)$  と点  $P(i, n+1)$  の  $v$  の値を配列から読み、 $Y$  の値から比例で求められる。同様にして、 $y$  格子線と  $P_H S$  との交点の  $v_k$  の値も求められる。この時、 $-\alpha - \pi/2 \leq \theta \leq \pi/2 - \alpha$  の時は  $(j+1)$ 番目から  $j$  の値を1ずつ減じ、その他の場合には  $j$  の値を1ずつ増して行く。この様にし

て求めた  $v_k$  は点  $P$  の  $v$  の値 ( $v_H$ ) と比較し、

- (iii)  $v_H < v_k$  の時は下から見える。
- (ii)  $v_n < v_H < v_k$  の時は見えない。
- (i)  $v_k < v_H$  の時は上から見える。

の 3 つに分け、パラメータ  $S_w$  内に入れておく。(ii) の様になった場合、他に交点があってもそこで点  $P$  は見えないと判断する。

### § 4 プログラムの流れ

プログラムは主に次の 4 つに分けられる。

- (1) データを作る。
- (2) データをファイルにしまう。
- (3) データをファイルから読み込む。
- (4) 図形を描く。

先ず、これらの中から何をしたいか選ぶ。(1) を選ぶと

- (1) 透視図を描く。
- (2) 斜景図を描く。

が画面に現われ、どちらで図を描くか選ぶ。

#### 4.1 データを作る

計算をする曲面の関数は別のファイルからメインプログラムにマージする。関数の中の定数を変えてその変化を見たい場合がある。又、コンピュータの場合にはあらゆる場合を考えて一つのプログラ

ムを組めば良いが、パソコンの場合はメモリーが小さいため、個々の関数に関して必要な行をマージする関数プログラムの中に組み、メインプログラムの中に入れる。関数中の定数はインプット文で指定出来る様に、又、個々の関数の補充のために行番号をあけておく。

$X, Y, Z$  軸の (j) 上限 ( $x_u, y_u, z_u$ ) (ii) 下限 ( $x_0, y_0, z_0$ ) (iii) 図形の大きさとして直方体の大きさ ( $X_w, Y_w, Z_w$ ) (iv) 透視角度 ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) (v) 距離 ( $L, D$ ) (vi) 曲面をいくつに分けるか ( $M_x, M_y, M_z$ ) をインプットする。

→ ( $M_x+1$ )・( $M_y+1$ )・( $M_z+1$ )個の格子点の値は透視図の場合は透視図座標 ( $\xi, \eta$ ) を、斜景図の場合は斜景図座標 ( $u, v$ ) を計算する。この  $\eta, v$  から前に述べた隠線処理の方法により、見えるか見えないかの情報を得る。ディスプレイ上に図1の画面上に写る実際の大ききを出すために、又、ディスプレイ上の点 (20, 195) を原点とし、右方向に  $\xi$  軸 ( $u$  軸)、上方向に  $\eta$  軸 ( $v$  軸) をとる様に

$$R_x(i, j, k) = \xi \cdot 31 + 20$$

$$R_y(i, j, k) = -\eta \cdot 14 + 195$$

とした。この時の  $R_x(i, j, k), R_y(i, j, k)$  の値はドット数を表わすことから小数点以下の計算は無意味であり、メモリー節約のため整数値として定義した。又、 $R_y(i, j, k)$  の値は図3からもわかる様に必ず正の値をとることから隠線処理によって得た情報は見える場合は正、見えない場合には負の値を配列に入れておく。この情報は隠線処理のサブルーチンの中では3つに分けてある。一般の関数の場合には見えるか見えないかの2つでよい。しかし、二価関数に於いては1つの格子点に2つの  $z$  の値が存在するので一度に計算できない。この場合、上の部分と下の部分に分けて計算する。この様にして格子点の座標はすべて計算でき、隠線処理での情報が得られる。これらの情報は三次元配列にして入れておく。しかし、二価関数でない場合は  $M_z=0$  になるので実際には二次元配列になる。

次にディスプレイ上に図を書く場合、計算した格子点の座標を  $x$  格子線、 $y$  格子線に沿って見える部分についてのみ結んで行く。この時、隣り合う2つの格子点を  $P, Q$  とすると、

- (i)  $P$  と  $Q$  が共に見える。
- (ii)  $P$  と  $Q$  が共に見えない。
- (iii)  $P$  が見えて  $Q$  が見えない。
- (iv)  $P$  が見えないで  $Q$  が見える。

の4つの場合が考えられる。(iii), (iv) の場合は二分法を繰返すことにより、見える所と見えない所の境の点  $R$  を求める。これまで見た多くのプログラムでは計算させながら図を描いているが、パソコンでは計算に時間がかかるため即座に図を書いて見せるのは困難である。このため点  $R$  の座標等も配列に入れておく必要がある。 $x$  格子線を書くための情報と  $y$  格子線を書くための情報はそれぞれ ( $M_x+1$ )・( $M_y+1$ )・( $M_z+1$ )個の配列を準備し、これに

- (a) (i) と (ii) の場合には点  $R$  は存在しないので一定値 600 を
- (b) (iii) の場合には点  $R$  の正の値を、(iv) の場合には点  $R$  の負の値を

入れる。この3組の配列を計算すると、図形を描くためのデータが揃う。

#### 4.2 データをファイルにしまう

すぐに図形を描かせたい時には作ったデータをディスクに書き込んでおくとう便利である。又、二価関数の場合、上部と下部に分けて計算するため、分割数が多くなると両方の計算値を一度に配列に入れるためにはメモリー不足である (PC 8801 では)。このため、上部の計算値、下部の計算値と別々にファイルに入れておいて上部の図形を描いた後で下部の配列を読み込んで描かせる方法をとった。ファイル名、ファイル番号は前の (2) を選ぶとインプット文が画面に出て来る。メインプログラムでは、4.1の (i) ~ (iv) と計算値が書き込める様になっているが、ディスクに書き込みたい数値は関数、使用目的によって異なるのでこれらはマージするプログラムに組んでおくとう良い。

#### 4.3 データをファイルから読み込む

データをファイルから読みながら図形を描かせないで、一度ファイルの内部を配列等に記憶させる。(2)と(3)のプログラムはインプットとアウトプットの違いだけで、各々のデータは対応していなければならない。

#### 4.4 図形を描く

配列の中の計算値は原点のディスプレイ上の(20, 195)にとってある。しかし、視点の位置、直方体を置く角度によっては画面からはみ出してくる場合がある。このため、 $-\pi/2 \leq \alpha \leq -\beta$ の時は格子点を  $(R_x(i, j, k) - R_x(0, 0, 0), |R_y(i, j, k)|)$ 、 $-\beta < \alpha$ の時は  $(R_x(i, j, k) - R_x(0, M_y, 0), |R_y(i, j, k)|)$  としてディスプレイ上からはみ出さない様に変換して描く。

### § 5 立体図の応用

$$z = (A_0/\sqrt{R}) \sin(R/\lambda - t/T)$$

で表わされる2つの波の干渉を立体図で表わす。この波は  $R=0$  で  $|z| \rightarrow \infty$  となるが、これらの波が単独に存在するのは  $R=0$  の波の湧き出し、又は吸い込みが存在する様な特別な場合に限られる。この様な場合、 $R=0$  をさける様に分割数を決める方法もあるが、今回は  $R=0$  の時、

$$z = A_0 \sin(R/\lambda - t/T)$$

として計算した。メインプログラムにマージするプログラムは以下の様になる。

```

1      '      カ ン シ ョ ウ ハ
112 INPUT "シンフク (A0)" ; A0
113 INPUT "ハチョウ (HACHO)" ; HACHO
114 INPUT "シ"カン (T)" ; T
115 INPUT "イソウサ (ISOSA)" ; ISOSA
116 INPUT "シュウキ (SYUKI)" ; SYUKI
150 LPRINT CHR$(31);CHR$(16+2); "シンフク" "      A0="A0
151 LPRINT CHR$(31);CHR$(16+2); "ハチョウ" "      HACHO=" HACHO
152 LPRINT CHR$(31);CHR$(16+2); "シ"カン" "      T=" T
153 LPRINT CHR$(31);CHR$(16+2); "イソウサ" "      ISOSA=" ISOSA
154 LPRINT CHR$(31);CHR$(16+2); "シュウキ" "      SYUKI=" SYUKI
1200 PRINT "シ"ョウケ"ン" "      XU=" XU "      YU=" YU "      ZU=" ZU
1201 PRINT "カケ"ン" "      X0=" X0 "      Y0=" Y0 "      Z0=" Z0
1202 PRINT "ズ"ケイノオキサ" "      XW=" XW "      YW=" YW "      ZW=" ZW
1203 PRINT "トウシカクト" "      ALPHA=" ALPHA "      BETA=" BETA "      GAMMA=" GAMMA
1204 PRINT "キヨリ" "      L=" L "      D=" D
1205 PRINT "フ"ンカツスウ" "      MX=" MX "      MY=" MY "      MZ=" MZ
1206 PRINT "シンフク" "      A0=" A0
1208 PRINT "ハチョウ" "      HACHO=" HACHO
1209 PRINT "シ"カン" "      T=" T
1210 PRINT "イソウサ" "      ISOSA=" ISOSA
1211 PRINT "シュウキ" "      SYUKI=" SYUKI
3020 WRITE #BANG0, A0, HACHO, T, ISOSA, SYUKI
3120 INPUT #BANG0, A0, HACHO, T, ISOSA, SYUKI
5000 *ZCAL.
5012 H1=SQR((X-HACHO)^2+Y^2)
5014 H2=SQR((X+HACHO)^2+Y^2)
5016 KYORI=HACHO*T/SYUKI
5018 IF H1=0 THEN Z1=A0*SIN(2*3.1416*(-H1/HACHO+T/SYUKI)) ELSE IF KYORI<H1 THEN
Z1=0 ELSE Z1=A0*SIN(2*3.1416*(-H1/HACHO+T/SYUKI))/SQR(H1)
5020 IF H2=0 THEN Z2=A0*SIN(2*3.1416*(-H2/HACHO+T/SYUKI+ISOSA)) ELSE IF KYORI<H
2 THEN Z2=0 ELSE Z2=A0*SIN(2*3.1416*(-H2/HACHO+T/SYUKI+ISOSA))/SQR(H2)
5022 Z=Z1+Z2
5024 RETURN

```

次に、二価関数の場合を考える。これも図4の時と同じ様に関数計算のプログラムをマージする。この場合は分割数の  $M_z$  に 1 を入れる。例えば、

ショウケン XU= 25 YU= 32 ZU= 6  
 カケン X0=-25 Y0=-18 Z0=-6  
 スクイノオキキ XW= 65 YW= 65 ZW= 16  
 トウシカクト ALPHA= 0 BETA=-45 GAMMA=-50  
 キョリ L= 10 D= 30  
 フンカツスウ MX= 30 MY= 30 MZ= 0  
 シンブク A0= 3  
 ハチョウ HACHO= 5  
 シカン T= 7.25  
 イソウサ ISOSA= 0  
 シュウキ SYUKI= 1

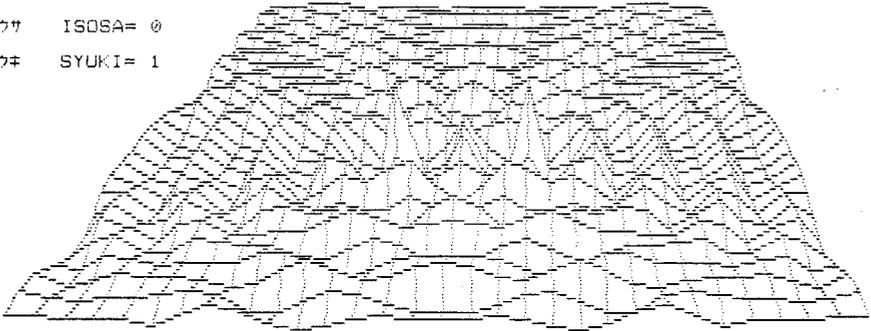
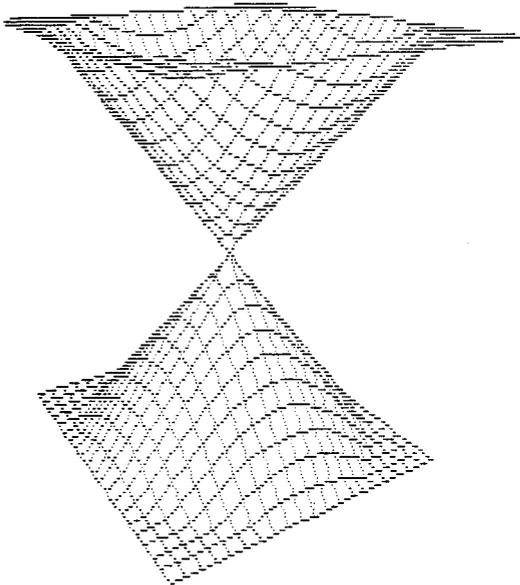


図 4



ショウケン: XU= 1 , YU= 1 , ZU= 2  
 カケン: X0=-1 , Y0=-1 , Z0=-2  
 スクイノオキキ: XW= 30 , YW= 30 , ZW= 40  
 トウシカクト: ALPHA= 30 , BETA= 0  
 GAMMA=-50  
 キョリ: L= 10 , D= 30  
 フンカツスウ: MX= 20 , MY= 20  
 シズウ: A= 1 , B= 1 , C= 2

図 5

$$x^2/a^2 + y^2/b^2 - z^2/c^2 = 0$$

で表わされる図形を図5に描く。 $M_z=0$ の時は上の部分、 $M_z=1$ の時は下の部分を描く。

$$x_0 \leq x \leq x_u, \quad y_0 \leq y \leq y_u, \quad z_0 \leq z \leq z_u$$

の範囲の直方体に納まる図形を考えたため、 $z < z_0$ の場合は $z = z_0$ で、 $z_u < z$ の場合は $z = z_u$ で計算してある。

## § 6 終わりに

今回はパソコンは計算に時間がかかるということからあらかじめ計算をしてファイルに入れておく方法を考えた。こうしておけば、例えば授業で図を見せたいと思った時に使うことができる。又、図形の範囲、見る角度を指定できるので、使用目的によって画面に出る範囲がかえられ、目の位置が変えられるので、個々に応用できるのではないかと思う。

## 参考文献

- 1) 森正武：新しい応用の数学5 曲線と曲面，教育出版
- 2) 小野令美：図形処理，59年度情報処理講習会資料

(昭和60年10月15日受付)

# 調光によるハロゲン電球の色温度の考察

(電気工学科) 原 田 一 彦

## A Study of Color Temperature of Tungsten Halogen Lamps by Dimming

Kazuhiko HARADA

Tungsten halogen lamps have some good points; they have a less capacity by 1/200, two times longer life and better efficiency, compared with general incandescent lamps. They, therefore, are used in various ways, for projectors etc. We studied the change of color temperature in the case of dimming these lamps and the following results were obtained:

- 1) Color temperature changes in proportion to voltage.
- 2) Color temperature falls about 400K within the limits of dimming actually used.
- 3) When we use a filter to correct color temperature, it can take a rated value by changing the interval between the lamp and the filter.

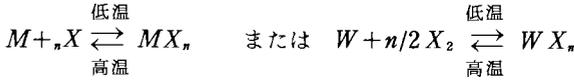
### § 1 緒 言

アメリカの G. E 社によって開発されたハロゲン電球は、昭和36年から我が国でも商品化されるようになった。一般白熱電球に比較して、ハロゲンサイクルのはたらきで、黒化がなくフィラメントの蒸発を抑制するので容積が約1/200と小さく、寿命も2倍の2,000時間で効率も15%程度高い。また、寿命の末期まで光束が一定に保たれるため明るさが変わらず、色温度も200 K以上高い。フィラメントを2重コイルにしたものは、電球の長さが約半分となり点灯方向も従来の水平方向から任意となり、口金も両口形から片口金小形とすることができるようになった。したがって、開発された当初は投光器用として使用されることが多かったが、現在では、写真撮影用、映写用、自動車用、光学機器用、複写機用、航空標示灯用など用途別のランプが開発されて広く利用されるようになった<sup>1)</sup>。このように普及すれば、目的によっては調光をして使用されることも考えられる。本研究は、調光した場合の色温度について考察したものである。

### § 2 ハロゲン電球と調光

小形の石英管にタングステンフィラメントを入れ、不活性ガスと微量のハロゲン(よう素, 臭化水素, 臭化メチル, 塩化メチル等)を封入したハロゲン電球は、点灯するとハロゲンサイクルを繰り返す。点灯で高温になったフィラメントのタングستنは、表面が蒸発し封入ガスのハロゲンと化合してハロゲン化タングステンとなり管壁に到達するが、管壁温度が250℃以上に設計してあるため付着せず、拡散、対流現象によりフィラメントに返りタングステンとハロゲンに解離する。熱分解温度は

1400°C以上、化合温度は500~800°Cである。このハロゲンサイクルは、一般に次のように表される<sup>2)</sup>



ここに、 $M$ は金属原子、 $X$ はハロゲン原子、 $W$ はタングステン、 $n$ は原子数を表す。

このハロゲンサイクルによりハロゲン電球は、一般白熱電球に比較して前述のような特長がある。しかし、調光をする場合、一般白熱電球は消灯から定格までの広範囲が可能であるが、ハロゲン電球は、ハロゲンサイクルが正常に循環される範囲という制限を受ける。

### § 3 実験と考察

実験に使用したハロゲン電球は、一般照明用 J 100 V, 500 W (全光束 10500 lm, 色温度 3000 K) を投光器に取り付けて使用した。色温度は3色式色温度計で測定し、調光には単巻変圧器を使用した。

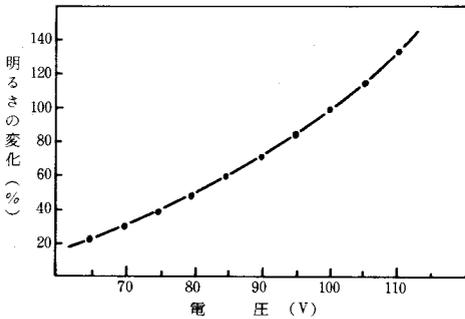


図1 ハロゲン電球の調光による明るさの変化

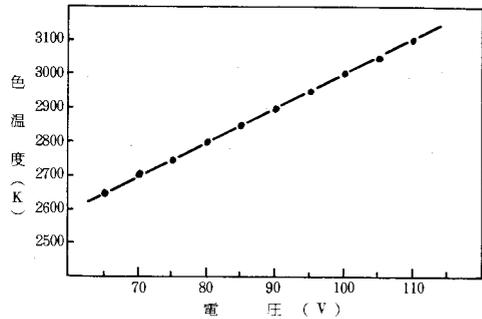


図2 ハロゲン電球の調光による色温度の変化

図1は、電圧を変えて調光したときの明るさの変化を示すものである。また、このときの色温度の変化は、図2のようになり両者は比例関係にある結果となった。光源から目的物までの距離を変えても同一照度となるための電圧と距離の関係が図3である。これから、同一電球(500W)を2灯使用すれば、0.5mから約2mの範囲は調光により同一照度に保てることわかる。

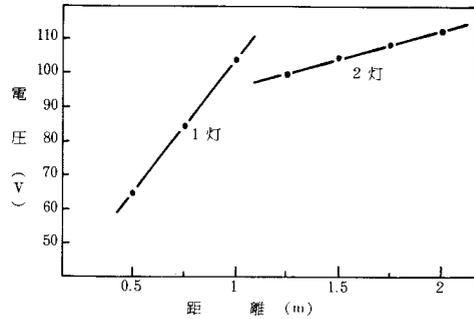


図3 同一照度となる距離と電圧の関係

1984年、西ドイツのケルン市で開催されたフォトキナで、ビデオカメラ用として300Wハロゲン電球に接続したトライアックで、反射光を検出して調光し光源から被写体までの距離が変わっても一定照度を得られる照明器具が発表された<sup>3)</sup>この器具を使用すれば、撮影レンズの絞りを固定のまま近距離から遠距離まで撮影できるという利点がある。なお、色温度には制約のある写真撮影用ハロゲン電球は、カラーフィルム用として、また、テレビスタジオ用として色温度が一般照明用より高く3200Kのものが多い。

図1の結果から、明るさの下限を定格の30%程度とすれば、図2から色温度の変化は400K程度となる。調光をしても色温度を一定に保つためには、電球を数個用意してその点灯数を変えるか、フィルター又は反射板を利用することが考えられる。小規模の場合は、灯数に限りがあり手軽な方法として

図1の結果から、明るさの下限を定格の30%程度とすれば、図2から色温度の変化は400K程度となる。調光をしても色温度を一定に保つためには、電球を数個用意してその点灯数を変えるか、フィルター又は反射板を利用することが考えられる。小規模の場合は、灯数に限りがあり手軽な方法として

フィルターが便利である。図4は、ハロゲン電球が2600Kの色温度で点灯されている状態で、電球とフィルターの間隔による色温度の変化を示したものである。間隔が大きくなるのは不便であるので、フィルターを吟味してわずかな調節のできるようにすればよい。このように、1枚のフィルターで電球との間隔を変えることにより色温度が調節できるが、これを自動化で一定にすることは今後検討されるべきことである。

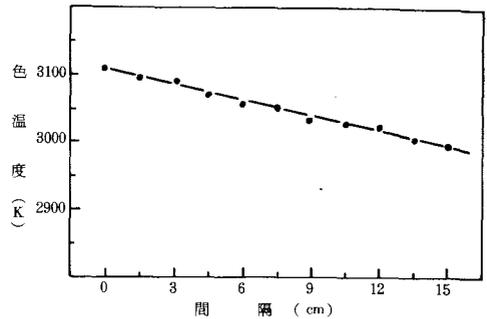


図4 ハロゲン電球とフィルターとの間隔による色温度の変化

#### §4 結 言

ハロゲン電球を電圧を変えて調光すると色温度は直線的に変化することがわかった。実用的な調光下限を全光束の約30%とすれば、色温度の変化は約400Kとなる。調光をしても色温度を一定に保つには、灯数の加減、フィルターや反射板の工夫があるが、これらを自動化することについては今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 照明学会：大学課程照明工学 オーム社
- 2) 電気学会：照明工学（改訂版） 電気学会
- 3) 倉石 穂：照明学会誌 VOL. 69-8（昭60）393

（昭和60年10月15日受付）

# 簡易型ロジック・シミュレータ

(電気工学科) 綿井伸爾

## A Simplified Logic Simulator

Sinji WATAI

This paper describes a simplified logic simulator as an educational tool for teaching electronic circuits. It is written in FOTRAN77 and can be run on a 16 bit personal computer.

The features of this simulator are:

- (1) Logic device level simulation;
- (2) Timing simulation considering the propagation delay time of devices;
- (3) Variable time increment of simulation at 1ns step;
- (4) Variable sampling time of simulation output.

### § 1 はじめに

電子回路の教育において、学生に興味を持たせ、より深く理解させるための有効な方法の一つは、簡単な電子回路の設計を行わせてみることである。このとき、設計された回路の動作特性についても、何らかの方法で評価してやることが望ましい。しかしながら、実際に回路を組立て特性の測定を行うことは、費用と時間の点で困難である。そこで、コンピュータ・シミュレーションによって近似的な特性を求める方法が考えられる。電子回路のシミュレーション・プログラムは、多数開発されているが大規模なものが多く、パーソナル・コンピュータで動作するシミュレータは少数である。

今回、パーソナル・コンピュータで動作する簡易型の論理回路用シミュレータを作成したので報告する。

### § 2 特徴

本シミュレータは図1に構成を示すパーソナル・コンピュータのFORTRAN 77を使用して作成され、その大きさは約2100行である。本シミュレータの特徴をまとめると次のようになる。

1. 論理素子レベルのシミュレーション
2. タイム・マッピング方式<sup>1)</sup> 4値シミュレーション(0, 1, 過渡値および不定値)
3. 素子の伝搬遅延時間を考慮したタイミ

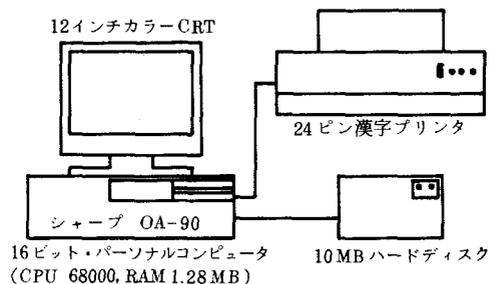


図1 開発システム構成図

ングのシミュレーションが可能

4. 素子の種類は, inv, and, nand, or, nor, exor, exnor, d-ff および jk-ff の9種類
5. シミュレーション時間の増分は, 1ns 単位で可変
6. シミュレーションの結果は, 1ns 単位でサンプリング間隔を変えて出力可能

§ 3 論理素子のモデル

各素子の真理値表を表1に示す。各素子の特性は、表1および表2に示すように対応するLS-TTL素子の特性<sup>2)</sup>を近似しているが、次のような点で異なっている。and, or等のゲートは、入力端子数2~5の範囲で任意に選べる。素子のファンアウトは10、ファンインは1で統一している。出力値は、不定値' u'を除くと0, 1および過渡値' x'の3値しかないので、図2に示すように' x'の期間を伝搬遅延時間としている。また、出力が変化中に入力値が変化したときは、図3に示すようにその時刻から新しい出力値に向かって変化が始まるものとする。ただし、新しい出力値がその直前の出力値に等しいときは、図4に示すように入力の変化を無視している。

表1 各論理素子の真理値表

inv	and	nand	or	exor	exnor
a y	a b y	a b y	a b y	a b y	a b y
0 1	0 X 0	0 X 1	0 0 0	0 0 0	0 0 1
1 0	X 0 0	X 0 1	1 X 1	0 1 1	0 1 0
u u	1 1 1	1 1 0	X 1 1	1 0 1	1 0 0
	1 u u	1 u u	0 u u	1 1 0	1 1 1
	u 1 u	u 1 u	u 0 u	X u u	X u u
				u X u	u X u

d-ff

clr	pr	clk	d	q	q̄
0	X	X	X	0	1
1	0	X	X	1	0
1	1	↑	0	0	1
1	1	↑	1	1	0
u	X	X	X	u	u
1	u	X	X	u	u
1	1	u	X	u	u
1	1	↑	u	u	u

jk-ff

clr	pr	clk	j	k	q	q̄
0	X	X	X	X	0	1
1	0	X	X	X	1	0
1	1	↓	0	0	Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub>
1	1	↓	0	1	0	1
1	1	↓	1	0	1	0
1	1	↓	1	1	Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub>
u	X	X	X	X	u	u
1	u	X	X	X	u	u
1	1	u	X	X	u	u
1	1	↓	u	X	u	u
1	1	↓	X	u	u	u

u : 不定値  
X : 0 or 1

表2 各論理素子のスイッチング特性(単位 ns)

	t <sub>pdh</sub>	t <sub>pdhl</sub>	t <sub>su</sub>	t <sub>h</sub>	t <sub>w</sub>
inv	9ns	10ns			
and	8	10			
nand	9	10			
or	14	14			
nor	10	10			
exor	16	12			
exnor	18	18			
d-ff	13	25	25ns	5ns	25ns
jk-ff	13	25	20	5	25

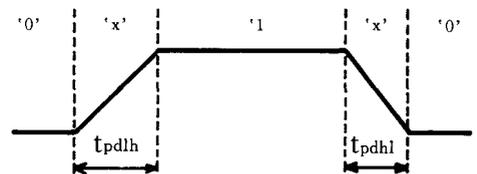


図2 伝搬遅延時間の定義

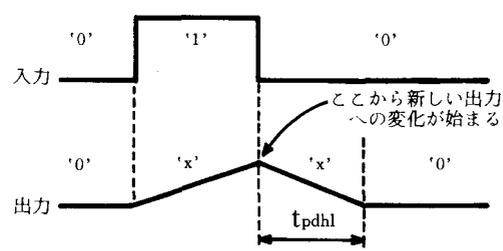


図3 出力変化中の入力変化(新出力値になる場合)

§ 4 回路記述

シミュレーション回路の入力方法は、後で述べるように拡張を予定しているため現在は単純な方法によっている。すなわち、図5に示すような回路ファイルをエディタによりあらかじめ作っておき、シミュレーション開始時に主記憶に読み込むようにしている。主記憶上では、図6に示すようなテーブルの形をとっているが空欄が多く、メモリ節約の点から改善の必要がある。

テーブル中の主な項目について説明する。出力信号の状態 (outflg) は、出力値が変化中は真、確定しているときは偽となる。ポインタ (lsqoptおよび nxqopt) は、次のようなものである。出力値の変化(以下これをイベントと呼ぶ)を、シミュレーション・タイムテーブル中のそれが発生する時刻に対応する欄に登録するが、同一時刻に複数のイベントが発生することがある。このとき、これらのイベントをポインタで結びリスト構造(以下これをイベント・キューと呼ぶ)とする。この

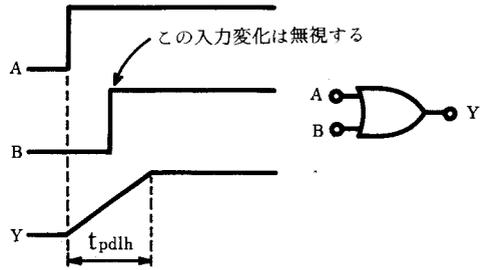


図4 出力変化中の入力変化(入力無視の場合)

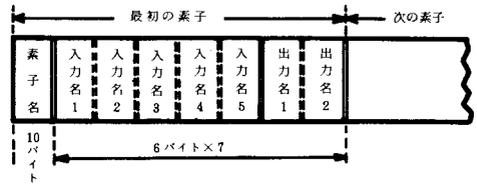


図5 シミュレーション回路ファイル

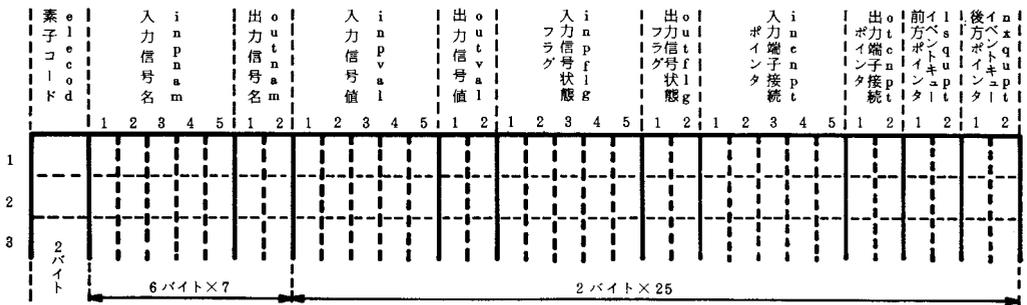


図6 回路接続テーブル

イベント・キューにおいて前方のイベントへのポインタを lsqopt, 後方のイベントへのポインタを nxqopt としている。

§ 5 外部信号

外部信号は、図7に示すような外部信号ファイルをあら

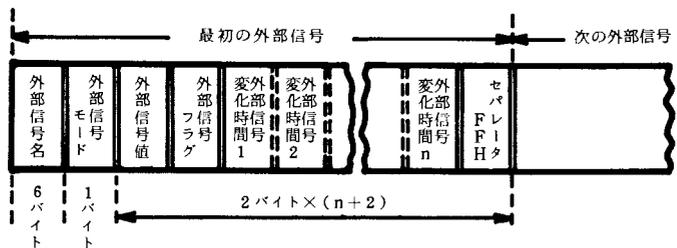


図7 外部信号ファイル

はじめエディタにより作成しておき、シミュレーション開始時に図8および図9に示すような外部信号テーブルを読み込む。図8において、extmodは外部信号の周期性を表わし、'p'のときは周期信号、'a'のときは非周期信号を表わす。extvalは外部信号の値、extflgは外部信号がシミュレーション・タイムテーブルに登録されているときは真、登録されていないときは偽となる。extpt2は、図9に示す外部信号変化時間テーブルへのポイントで、extpt1は周期信号のときextpt2の初期値を入れておく。lseqptおよびnxqptは、図6におけるlsqptおよびnxqptと同様なものである。

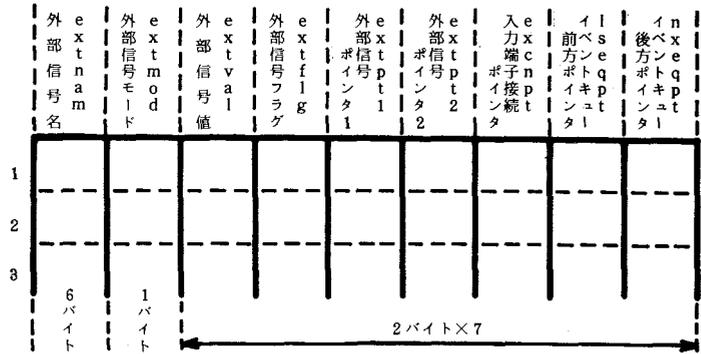


図8 外部信号テーブル

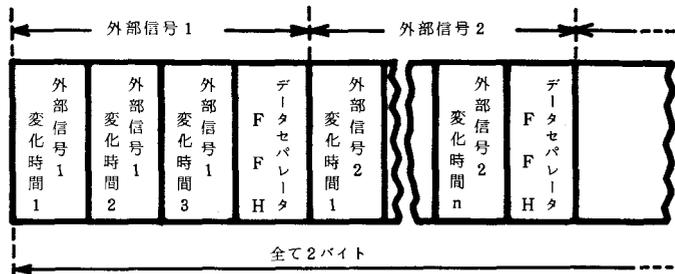


図9 外部信号変化時間テーブル

LOGIC SIMULATOR Ver 0.0

\*\*\*\*\* Simulating Circuit \*\*\*\*\*

No	Element Name	1	2	Input	3	4	5	1	Output
U001	5-jkff	r/	p/	ck	pul	q2	pul	q1	q1/
U002	5-jkff	r/	p/	y2	pul	pul		q2	q2/
U003	2-hand	ck	q2/					y1	
U004	2-hand	y1	q1					y2	

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

No	Signal Name	Initial	1	2	3	4	5	6	7	Time Parameters [ * 50 nS]
		Periodicity	Value							8 9 10 11 12
001	ck	/p	1	20						
002	r/	/a	1	2	10					

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

No	Ext/Out Name	1	2	3	4	5	6	Load	8	9	10
001	ck	U001-03	U003-01					7			
002	r/	U001-01	U002-01								
003	p/	U001-02	U002-02								
004	pul	U001-04	U002-04	U002-05							
001	q1	U004-02									
002	q2	U001-05									
	q2/	U003-02									
003	y1	U004-01									
004	y2	U002-03									

図10 各テーブルのプリンタ出力

§ 6 出力

シミュレーションの結果は、通常CRTディスプレイに出力されるが、指定するとプリンタへも出力される。このときは、図10に示される回路接続テーブル、入力信号テーブルおよびファンアウト・テーブルもプリンタに出力される。外部信号

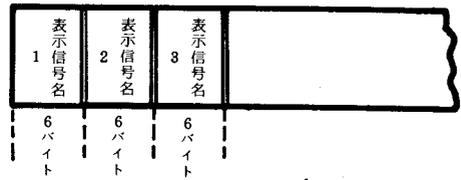


図11 表示信号ファイル

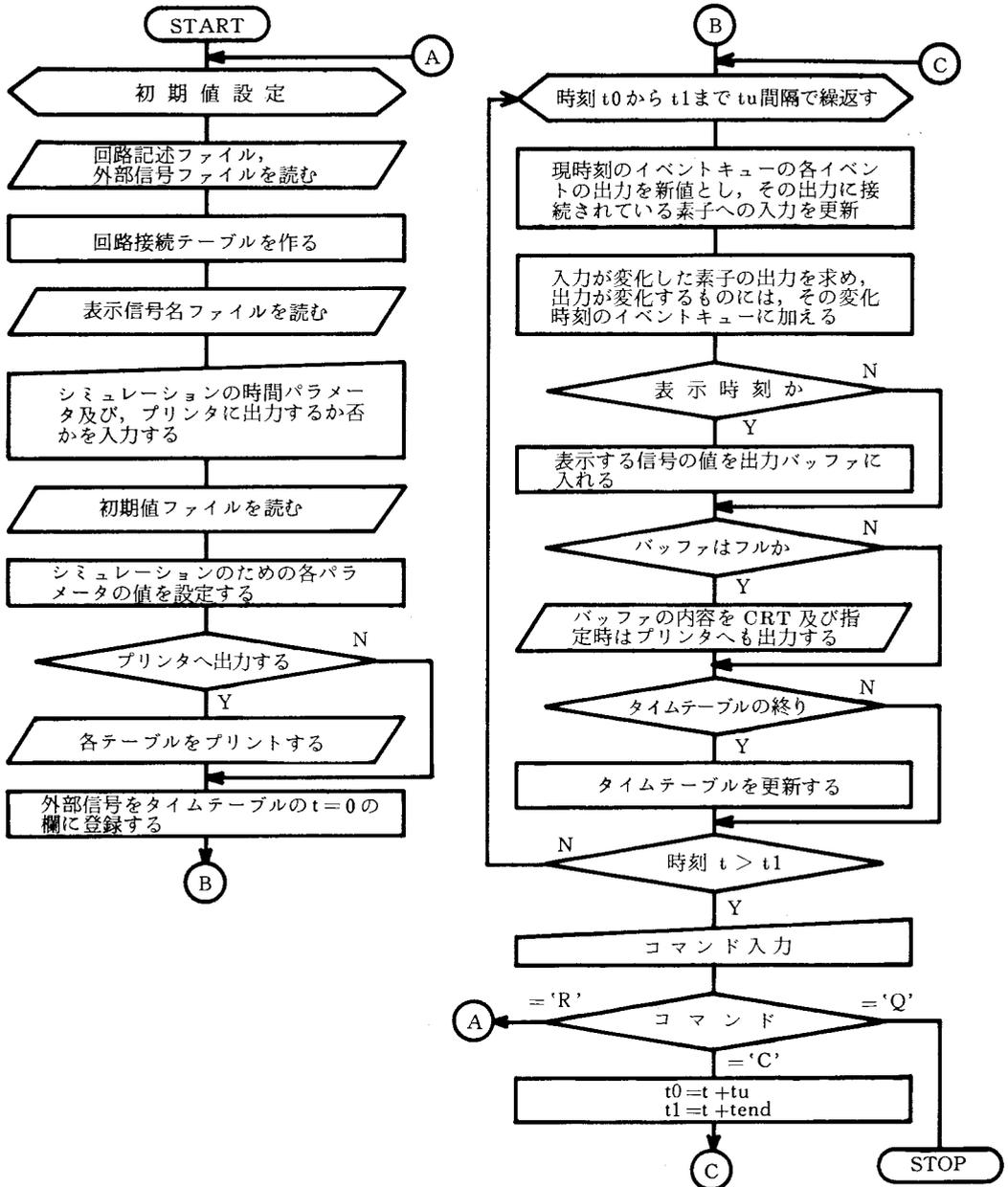


図12 シミュレーションの流れ図



を、図17に示す。

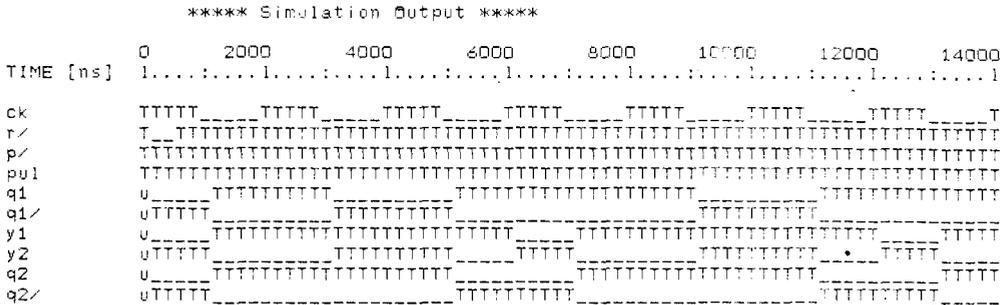


図 17 3進カウンタのシミュレーション結果

§ 9 むすび

本シミュレータにより、パーソナル・コンピュータを使用して、素子の伝搬遅延時間を考慮した論理回路のシミュレーションが可能であることが確かめられた。シミュレーションの速度は、2入力 nand 素子 63個の回路について1400ステップのシミュレーションを行ったとき、図1のシステムで各ファイルの読み込み時間を含み約15秒であった。

本シミュレータを実際の授業に使用するために、本校のマイコン協同利用設備の8ビット・マイクロコンピュータへの移植を予定している。その際、使い勝手をよくするためにシミュレーション回路および外部信号の入力方法の改良と、使用メモリを節減するために回路接続テーブルの様式の変更を行うつもりである。

参考文献

- 1) E. G. Ulrich : Serial/Parallel Event Scheduling for the Simulation of Large Systems, Proc. ACM Natl. Conf., pp.279-287, 1968  
 E. G. Ulrich : Exclusive Simulation of Activity in Digital Networks, Commun. ACM, vol. 12, No. 2, pp.102-110, 1969
- 2) Texas Instruments Inc. : The Bipolar Digital Integrated Circuits Data Book for Design Engineers, 1976

(昭和60年10月15日受付)

## 電子エネルギー分布関数（計算 3）

（電気工学科） 山 崎 勉

### Electron Energy Distribution Function (calculation 3)

Tsutomu YAMAZAKI

Electron energy distribution function is calculated from the Boltzmann transport equation including elastic, electronic excitation and ionization collisions to determine the characteristics of the field strength vs. discharge current in argon positive column of glow discharge.

Direct and stepwise processes are also taken into account.

The range of discharge parameters is as follows: gas pressure 20~800 Pa, discharge current 0.1~20 mA, and the tube diameter 2.6 cm.

The self-consistent set of the collision cross sections is determined first. And the electron density and the population density of metastable levels are derived by solving the rate equations for four levels model. The results are qualitatively in good agreement with the experimental data: the electron transport coefficients and discharge characteristics.

#### § 1 まえがき

低気圧放電の解析には電子エネルギー分布を知る事が重要である。電子エネルギー分布がマクスウェル分布と異なる事は、多くの実験により示されている<sup>(1)</sup>。一方、電子エネルギー分布に関する理論的研究の結果、最近では計算機を用いて導出した電子エネルギー分布と実験値との比較が行われるようになった<sup>(2)</sup>。

放電機構の理論的解析を行うためには、低気圧放電においてはまず電子エネルギー分布を求める必要がある。しかし、電子エネルギー分布の算出に当たりクーロン衝突や累積励起・電離等を考慮する場合には、粒子数平衡式より電子密度や準安定分子密度を求めなければならない。また、各励起準位への励起占有密度や電子密度の計算には粒子数平衡式を解けばよいが、その式に現われる係数のうち電子輸送係数は電子エネルギー分布より求めておく必要がある。結局、電子エネルギー分布の算出と粒子数平衡式からの粒子密度の算出は、両基本式を連立させて同時に解く事になる。

さて、このような理論的解析を行うためには衝突断面積等の情報が不可欠であるが、現状では理論値はまだ不完全な状況にある。そこで、代表的な実験結果を適当に選択し利用せざるを得ない。これらの実験値は条件が異なりかなりの幅をもつため、その選択は理論解析の結果に大きな影響を及ぼす。このような基礎量の測定の外に、巨視的な量の測定が盛んに行われている。特に陽光柱プラズマにおいては古くから各種の測定が行われている。それらの実験値と理論解析から得られた値との比較によ

り整合のとれた基礎量の選択が可能となる。

本報告では、アルゴンのグロー放電陽光柱において電子エネルギー分布と粒子密度を同時に解き、陽光柱プラズマの励起機構の理論解析を行う。また、整合のとれたアルゴンの電子衝突断面積の組合せを求める事も、その目的の一つである。

## § 2 理 論

### 2.1 電子エネルギー分布

グロー放電陽光柱内で電子は電界よりエネルギーを得、衝突によりそのエネルギーを失う。電子エネルギー分布関数はボルツマン方程式より求められるが、ここでは二項近似を採用する。電子エネルギー分布関数の等方的成分(二項近似の第一項)を  $f_0(u)$  とすると、次式が成立する<sup>(3)</sup>。ただし、 $u$  は電子のエネルギー [eV] である。

$$\begin{aligned} -\frac{1}{3\sqrt{u}} \frac{d}{du} \left( \frac{E^2 u}{N_e Q_a} \frac{df_0}{du} \right) &= \frac{1}{\sqrt{u}} \frac{d}{du} (\delta N_e Q_a u^2 f_0) \\ &+ \frac{\nu_{ee}}{\sqrt{u}} \frac{d}{du} \left[ 3 \int_0^u f_0 \sqrt{x} dx f_0 + 2 \left\{ \int_0^u f_0 x \sqrt{x} dx + u^{3/2} \int_u^\infty f_0 dx \right\} \frac{df_0}{du} \right] \\ &+ \sum_j N_j [Q_j(u+U_j) \sqrt{u+U_j} f_0(u+U_j) - Q_j(u) \sqrt{u} f_0(u)] \\ &+ N_g \left[ \int_{u+U_i}^{2u+U_i} \sqrt{z} f_0(z) q_i(z, z-u-U_i) dz + \int_{2u+U_i}^\infty \sqrt{z} f_0(z) q_i(z, u) dz - Q_i(u) \sqrt{u} f_0(u) \right] \end{aligned}$$

衝突項として、弾性衝突、電子間衝突、直接励起・電離および準安定準位からの累積励起・電離を考慮している。なお、電離により発生した電子についても考えているため、上式右辺第四項が積分表示を含んでいる。ここで記号については次のとおり。気体分子密度  $N_g$  [m<sup>-3</sup>]、陽光柱内の電界強度  $E$  [V/m]、弾性衝突の損失係数  $\delta$ 、運動量変換の衝突断面積  $Q_a$  [m<sup>2</sup>]、励起断面積  $Q_j$  [m<sup>2</sup>] で  $j$  準位への励起を表わしその励起閾エネルギー値は  $U_j$  で表わされる。また、電離についても同様にそれぞれ  $Q_i$ 、 $U_i$  である。累積励起・電離の場合には、 $N_g$  を準安定分子密度とし衝突断面積を変えればよい。その他、電子間衝突項に現われる係数  $\nu_{ee}$  および電離二次電子のエネルギー分布  $q_i(z, u)$ <sup>(4)</sup> は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \nu_{ee} &= \frac{e^2}{24\pi\epsilon_0^2} \ln \left[ 12\pi \left( \frac{\epsilon_0 U_e}{e} \right)^{3/2} \frac{1}{\sqrt{N_e}} \right] \\ q_i(z, u) &= \frac{Q_i(z)}{\epsilon \tan^{-1} \left( \frac{z-U_i}{2\epsilon} \right)} \frac{1}{1 + \left( \frac{u}{\epsilon} \right)^2} \end{aligned}$$

また、電子密度  $N_e$  および平均エネルギー  $U_e$  は次式で表わされる。

$$N_e = \int_0^\infty f_0 \sqrt{x} dx, \quad U_e = \int_0^\infty x f_0 \sqrt{x} dx / N_e$$

ここで、素電荷  $e$ 、真空の誘電率  $\epsilon_0$ 、円周率  $\pi$ 。  $U_e$  は等価電子温度でここでは平均エネルギーの2/3 ( $U_e = 2U_e/3$ ) とした。微分電離断面積  $q_i(z, u)$  の気体により変化するパラメータ  $\epsilon$  は電離エネルギーの0.66倍とした。

以上の条件の下, 上記の積分項をもつ二階常微分方程式より電子エネルギー分布を求める事ができる。ここでは, 一定のきざみ幅で分割し ( $\Delta u = 0.10\text{eV}$ ), ルンゲ・クッタ・ニストレーム法<sup>(5)</sup>を用いて数値計算を行った。

### 2.2 粒子占有密度

円筒形放電管の軸方向に電界が印加されている。荷電粒子および励起分子の径方向分布は  $J_0$  分布 (零次のベッセル関数) をなし, 軸方向には一様とする。粒子数平衡式は, 準安定準位を含む 8 つの準位に対して考え, 電子密度を含め合計 9 つの式より構成する。さて  $\dot{N} = dN/dt$  とすると

$$\begin{aligned} \dot{N}_e &= z_{g1} N_g N_e + z_{m1} N_m N_e + \alpha_p N_m^2 - D_e/A^2 N_e - \alpha N_e z_r N_e \\ \dot{N}_m &= z_{g2} N_g N_e - z_{m1} N_m N_e - 2\alpha_p N_m^2 - \alpha_b N_g N_m - D_{ex}/A^2 N_m - (z_{m3} N_m + z_{m4} N_m) N_e \\ &\quad + z_{3m} N_3 N_e + z_{4m} N_4 N_e + A_{52} N_5 + A_{82} N_8 \\ \dot{N}_3 &= z_{g3} N_g N_e + z_{m3} N_m N_e - z_{3m} N_3 N_e - D_{ex}/A^2 N_3 - A_{3g} N_3 + A_{53} N_5 + A_{83} N_8 \\ \dot{N}_4 &= z_{g4} N_g N_e + z_{m4} N_m N_e - z_{4m} N_4 N_e - D_{ex}/A^2 N_4 - A_{4g} N_4 + A_{54} N_5 + A_{84} N_8 \\ \dot{N}_5 &= z_{g5} N_g N_e - D_{ex}/A^2 N_5 - A_{57} N_5 + A_{65} N_6 + A_{75} N_7 + A_{95} N_9 \\ \dot{N}_6 &= z_{g6} N_g N_e - D_{ex}/A^2 N_6 - A_{69} N_6 - A_{65} N_6 \\ \dot{N}_7 &= z_{g7} N_g N_e - D_{ex}/A^2 N_7 - A_{75} N_7 \\ \dot{N}_8 &= z_{g8} N_g N_e - D_{ex}/A^2 N_8 - A_{87} N_8 \\ \dot{N}_9 &= z_{g9} N_g N_e - D_{ex}/A^2 N_9 - A_{95} N_9 \end{aligned}$$

ここで, 準安定分子密度  $N_m$  ( $4s_{12}$  と  $4s_{01}'$  の二つの準位の和), 励起準位の低い方から  $4s_{11}$  を  $N_3$ ,  $4s_{01}'$  を  $N_4$ 。4s 以外の準位についてはいくつかの準位の和について考え,  $4p$ ,  $4p'$  準位(10個よりなる)を  $N_5$ ,  $3d$ ,  $3d'$  (10個)を  $N_6$ ,  $5s$ ,  $5s'$  (4個)を  $N_7$ ,  $5p$ ,  $5p'$  (10個)を  $N_8$ ,  $4d$ ,  $4d'$  とそれ以上すべてを  $N_9$  として表わした<sup>(6)</sup>。図 1 に各準位の関係を示す。

励起準位は, 基底準位からの電子衝突励起 ( $z_{gi} N_g N_e$ ) と径方向拡散損失項および自然放射による遷移項により決定される。衝突励起数は電子エネルギー分布と衝突断面積により次のように計算される。

$$z_{gi} N_g N_e = \int_0^\infty \sqrt{\frac{2e}{m}} u N_g Q_i(u) f_0(u) \sqrt{u} du$$

ただし,  $m$  は電子の静止質量。励起準位の拡散係数  $D_{ex}$  はすべて同一の値を採用し, 上式中  $A$  は拡散の特性長で  $J_0$  分布を仮定しているので  $1/A = 2.4048/R$   $R$  は放電管の半径である。電子の拡散損失項は両極性拡散係数と特性長とで表わした。また,  $i$  準位から  $j$  準位への自然放射遷移は  $A_{ij}$   $N_i$  で示され,  $A_{ij}$  は自然放射係数で放電中に観測されたスペクトル線を中心にして決定した<sup>(7)</sup>。

各準位間の遷移過程としては上記の他に次のような項を考える必要がある。放電特性が準安定準位

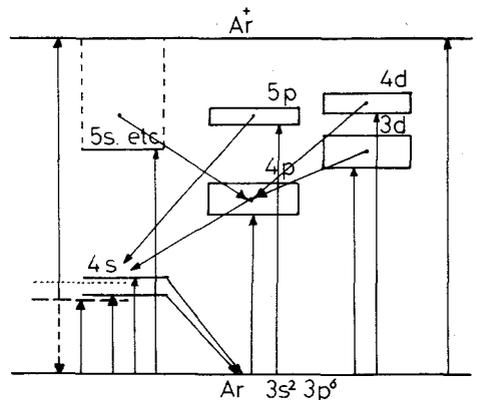


図 1 計算に用いたアルゴン原子のエネルギー準位模型  
電子衝突励起と光学遷移を示す。

の存在と密接な関係をもつことから、準安定分子同志の衝突による電離（ペニング電離）および累積電離・励起を考える必要がある。また、準安定準位のすぐ近くの励起準位（ $4s_{11}$ ,  $4s_{01}'$ ）との間の電子衝突励起・逆励起の関係も考慮し、基底準位にある気体分子と準安定分子の衝突による損失は気圧が高い場合重要となる。その他、二原子分子イオンの存在が言われているが<sup>(8)</sup>、その量は少なく気圧が高い場合のみ問題となると考えられるので、電子と分子イオンによる再結合を考慮した（ $\alpha N_e z_r N_e$ ,  $\alpha N_e$  は分子イオン密度）。

さて、粒子数平衡式のうち、 $N_5 \sim N_9$  については  $N_e$  の一次関数として次のように表わされる。定常状態として上式右辺を零とおくと

$$N_9 = z_{g9} N_g N_e / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{95} \right), \quad N_8 = z_{g8} N_g N_e / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{87} \right), \quad N_7 = z_{g7} N_g N_e / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{75} \right)$$

$$N_6 = z_{g6} N_g N_e / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{6g} + A_{65} \right)$$

$$N_5 = (z_{g5} N_g N_e + A_{65} N_6 + A_{75} N_7 + A_{95} N_9) / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{57} \right) \\ = \left[ z_{g5} N_g + z_{g6} N_g A_{65} / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{6g} + A_{65} \right) + z_{g7} N_g A_{75} / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{75} \right) \right. \\ \left. + z_{g9} N_g A_{95} / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{95} \right) \right] N_e / \left( \frac{D_{ex}}{A^2} + A_{57} \right)$$

ところで、 $N_e$ ,  $N_m$ ,  $N_3$ ,  $N_4$  については二次式となるため解析的には簡単に表わせない。そこで、4元連立方程式として、ニュートン・ラフソン法を用いて解く事にした。解くべき式は次のようになる。

$$- (D_{ex}/A^2 + A_{4g}) x_4 + (z_{g4} N_g + A_{54} N_5/N_e + A_{84} N_8/N_e) x_1 - z_{4m} N_g x_4 x_1 + z_{m4} N_g x_2 x_1 = 0 \\ - (D_{ex}/A^2 + A_{3g}) x_3 + (z_{g3} N_g + A_{53} N_5/N_e + A_{83} N_8/N_e) x_1 - z_{3m} N_g x_3 x_1 + z_{m3} N_g x_2 x_1 = 0 \\ - D_{ex}/A^2 x_2 + (z_{gm} N_g + A_{52} N_5/N_e + A_{82} N_8/N_e) x_1 + (z_{4m} x_4 + z_{3m} x_3) x_1 - (z_{m1} + z_{m3} + z_{m4}) x_2 x_1 \\ - \alpha_n N_g x_2 - 2\alpha_p N_g x_2^2 = 0 \\ - (D_e/A^2 - z_{gi} N_g) x_1 + z_{m1} N_g x_2 x_1 + \alpha_p N_g x_2^2 - \alpha z_r N_g x_1^2 = 0$$

ここで、 $x_1 = N_e/N_g$ ,  $x_2 = N_m/N_g$ ,  $x_3 = N_3/N_g$ ,  $x_4 = N_4/N_g$  とした。

### 2.3 衝突断面積と各種の輸送係数

電子衝突断面積のうち直接励起、累積電離に対してはファブリカンの経験式を用いた<sup>(9)</sup>。電子エネルギー依存性は次式で示され、その形の決定には3つの値（衝突断面積の最大値  $Q_j^m$ 、その時のエネルギー  $U_m$ 、励起閾エネルギー  $U_j$ ）を与えればよい。

$$Q_j(u) = Q_j^m \frac{u - U_j}{U_m - U_j} \exp\left(\frac{U_m - u}{U_m - U_j}\right) \quad u \geq U_j$$

直接励起の衝突断面積は、理論的な計算による導出が行われているので<sup>(10)</sup>、これを参考にしてここで使用した準位構成に合うように選定した。その時に、全励起断面積が実験値および以前に利用され

た値と比較し、あまり差のない事を確認した。直接電離については、実験値を参考にして上記の式を用いて表わした。ただし、電子エネルギーが 50 eV 以下についてのみで、それ以上の領域では、二次曲線および直線近似を行っている（実際に計算機の関係で 45 eV までしか使用しなかった）。

累積励起はトムソンの公式<sup>(11)</sup>を用いて表わした。励起エネルギー  $U_{mj}$ 、その 2 倍の所で最大値  $Q_{mj}^m$

$$Q_{mj}(u) = Q_{mj}^m \frac{u - U_{mj}}{u^2} \quad u \geq U_{mj}$$

となる。上記過程の逆過程の衝突断面積は詳細つり合いの原理<sup>(12)</sup>より次のように表わされる。

$$Q_{jm}(u) = \frac{Q_{jm}^m}{u + U_{jm}} \quad u \geq 0 \quad Q_{jm}^m = \frac{g_m}{g_j} Q_{mj}^m \quad g_m, g_j \text{ は各準位の統計重率}$$

以上の非弾性衝突の計算に用いた係数の値を表 1 に示す。

表 1 電子衝突断面積の諸量（非弾性衝突）

j	分類	励起準位	$Q_j^m(\text{\AA}^2)$	$U_m(\text{eV})$	$U_j(\text{eV})$	近似式
1	直接電離	$A_r^+$	2.870	50.0	15.76	Fabrikant
2	直接励起	準安定準位(m)	0.350	23.6	11.55	"
3	"	4s	0.078	46.9	11.62	"
4	"	4s'	0.336	44.2	11.85	"
5	"	4p	0.567	22.2	12.89	"
6	"	3d	0.185	54.5	14.00	"
7	"	5s 他	0.082	52.0	14.20	"
8	"	5p	0.200	53.0	14.60	"
9	"	4d	0.252	55.8	15.10	"
11	累積励起	$m \rightarrow 4s$	112.0	—	0.07	Thomson
12	"	$m \rightarrow 4s'$	120.0	—	0.30	"
13	累積電離	$m \rightarrow A_r^+$	8.20	13.5	4.23	Fabrikant
14	超弾性衝突	4s $\rightarrow m$	187.0	—	0.07	Thomson
15	"	4s' $\rightarrow m$	43.0	—	0.30	"
16	再結合		12.5	—	0.00	"

運動量交換断面積は低エネルギー部分のラムズアウト効果を考慮し次式で表わした。<sup>(13)</sup>

$$Q_d(u) = \begin{cases} 2.705(0.30 - u)^{1.588} + 0.105 & 0 \leq u \leq 0.3 \\ 0.4361(u - 0.30)^{1.588} + 0.105 & 0.3 \leq u \leq 10.0 \\ 16.19 & 10.0 \leq u \leq 13.0 \\ 126.0 u^{-0.8} & 13.0 \leq u \leq 49.0 \\ 26.6 u^{-0.4} & 49.0 \leq u \end{cases}$$

次に自然放射係数を表 2 に示す。4s 準位への遷移は各準位毎とし、他についてはいくつかをまとめた値にしてある。なお、 $A_{sr}$ 、 $A_{s'r}$  は 4s 準位への全体を表わす。なお、共鳴準位に対する捕捉係数は  $10^{-3}$  とした。

放電中で重要と考えられている準安定準位からの電離のうち、ペニング電離（同種気体分子の場合）

についての測定値はアルゴンについてはないがネオンの場合<sup>(14)</sup>の値を参考にして次の値とした。

$$\alpha_p = 6.2 \times 10^{-16} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad A^* + A^* \rightarrow A^+ + A + e$$

また、準安定分子 ( $A^*$ ) の損失項、基底分子 ( $A$ ) との衝突による逆励起の反応係数は次の値を採用する。<sup>(15)</sup>

$$\alpha_k = 0.62 \times 10^{-19} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad A^* + A \rightarrow A + A$$

$$\alpha_k' = 1.7 \times 10^{-16} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad A^* + 2A \rightarrow A_2^* + A$$

拡散損失については、準安定準位に関する測定値をすべての励起準位に対して適用した。<sup>(16)</sup>

$$D_{e, \pm} = 1.766 \times 10^{20} / N_0 \text{ (m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ m}^3 \text{)}$$

電子については両極性拡散係数をイオン移動度、電子拡散係数・電子移動度を用いて表わした。

$$D_e = b_i D_{e, \pm} / b_e$$

ここで、 $D_e$ 、 $b_e$  は電子エネルギー分布を用いて次のように表わされる。(  $v_d$  は移動速度 )

$$D_e = \frac{1}{3} \int_0^\infty \sqrt{\frac{2e}{m}} \frac{u}{N_0 Q_d} f_0 du$$

$$b_e = \frac{1}{3E} \int_0^\infty \sqrt{\frac{2e}{m}} \frac{u}{N_0 Q_d} \frac{df_0}{du} du = \frac{v_d}{E}$$

イオンの移動度は、実験値より次の値を用いた。<sup>(17)</sup>  
(1mmHgにて)

$$b_i = 0.1353 \text{ (m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{)}$$

その結果  $D_e$  は次のように表わされる。

$$D_e = 4.780 \times 10^{21} \cdot (D_e / b_e) / N_0 \text{ (m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ m}^3 \text{)}$$

なお、放電電流  $I_d$  は、次式で表わされる。

$$I_d = 1.357 e N_0 b_e E R^2 \text{ [A]}$$

計算は、放電管の半径を 1.3 cm として行った。

### § 3 計算結果とその検討

電子エネルギー分布関数の計算結果の例を図2に示す。  $E/N_0 = 1.42, 2.83, 4.25, 5.66 \times 10^{-20}$  ( $\text{V} \cdot \text{m}^2$ ) 分布の形状は、運動量変換衝突断面積の電子エネルギー依存性によりほぼ決定される。10

表2 遷移確率

準位 $i \rightarrow j$	$A_{ij} \times 10^8 \text{ (s}^{-1} \text{)}$
4d — 4p	0.0171
5s 4p	0.068
3d 4p	0.072
5p 4s (計)	0.0114
4s'	0.01386
4s	0.009346
準安定準位	0.001135
4p 4s (計)	0.1870
4s'	0.1844
4s	0.1890
準安定準位	0.1230
3d 基底準位	2.42
4s'	5.10
4s	1.19

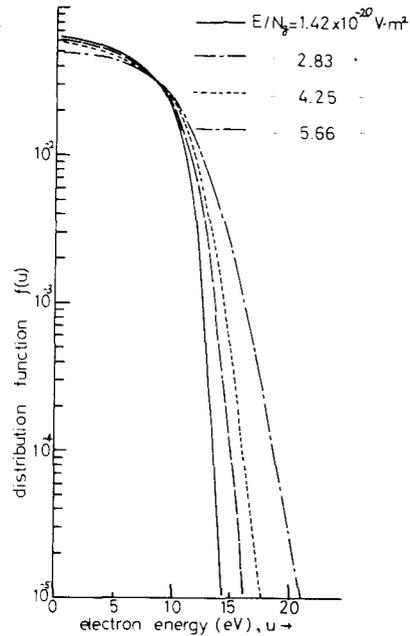


図2 電子エネルギー分布関数の計算例。換算電界 ( $E/N_0$ ) は  $E/P_0 = 5, 10, 15, 20$  V/cm/Torr に対応。

eV までゆるやかに減少し、非弾性衝突の始まる 10 eV を越えると急激に電子分布が減少する。そしてこの部分においては、 $E/N_g$  が小さくなると分布減少の傾向が著しくなる。一方、低エネルギー部（10 eV 以下）では  $E/N_g$  の増加によりわずかに減少する程度ではほとんど変化がない。この事は後述するように比較的大きな励起エネルギーをもつ直接励起や直接電離の衝突励起周波数の  $E/N_g$  による変化を急激なものにし、逆に累積励起や累積電離に対しては  $E/N_g$  の変化に対し、その衝突周波数はほとんど変化しない結果となる。

以上の事は次のように説明できる。電子エネルギー分布導出の基本式において、右辺第 2 項以降を省略すると基本式は次のようになる。

$$\frac{df_0}{du} = -3\delta \left( \frac{N_g Q_d}{E} \right)^2 u f_0$$

ここで、運動量変換の衝突断面積の電子エネルギー依存性を  $Q_d = q_d u$  ( $q_d$ : 定数) とすると

$$f_0(u) = \exp \left[ -\frac{3\delta}{4} \left( \frac{N_g q_d}{E} \right) u^4 \right]$$

また  $Q_d = q_d' / \sqrt{u}$  ( $q_d'$ : 定数) とすると

$$f_0(u) = \exp \left[ -3\delta \left( \frac{N_g q_d'}{E} \right)^2 u \right]$$

ここで、計算に用いた衝突断面積を図 3 に示す。これを見ると、ラムズアウフ効果による衝突断面積の極小部分から電子エネルギーの増加とともに直線的に増加し、非弾性衝突の始まる付近までその傾向となっている。すなわち、この部分では  $Q_d \sim u$  の形で表わされ、上式の結果から  $f_0 \sim \exp(-\alpha_1 u^4)$  の形で変化する。電子エネルギーの増加とともに電子エネルギー分布関数は急激な変化（分布関数の傾きの大ききの急激な増加により、分布関数自身の値の変化は小さいが、分布の小さい方へ向う方向付けがこの領域でなされる）が生じうる。ただし、 $\alpha_1 = 3\delta (N_g q_d / E)^2 / 4$  の値がどの位であるかによりその効果が異なってくる。非弾性衝突の閾エネルギー以上では、 $Q_d \sim 1/\sqrt{u}$  で近似できるため、 $f_0 \sim \exp(\alpha_2 u)$  で表わされてマクスウェル分布に近い変化 ( $\ln f_0$  対  $u$  では直線関係となる) をする。実際は非弾性衝突項の影響も始まり、この領域の電子分布の減少と低エネルギー部への電子分布の増加をもたらすが、非弾性衝突が少ない場合にはあまり影響しない。本計算に用いた非弾性衝突項のうち直接励起・直接電離の衝突断面積の大きさについては、まず全励起断面積について比較すると Hayashi 氏、Tagashira 氏らおよび Lagushenko 氏らの使用した結果<sup>(18)</sup> とほぼ同様の値となっている。この関係を図 4 に示す。また電離断面積についても、従来よりよく利用されている Rapp 氏ら<sup>(10)</sup> の値を用いている。図 3 に計算に用いた直接電離、全励起断面積（電離を含む）を示した。

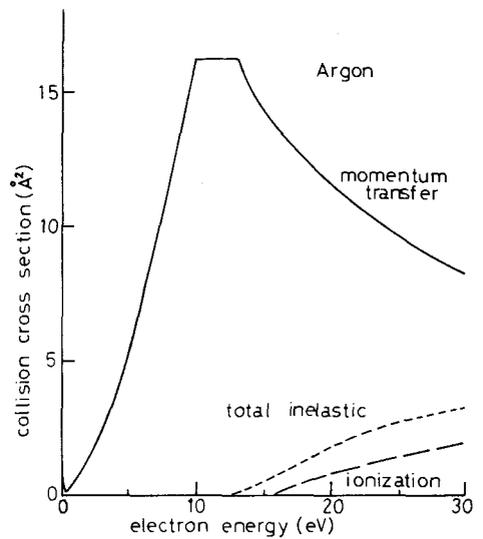


図 3 衝突断面積 運動量変換（実線），電離（破線），電離を含む全励起断面積（点線）

電子移動速度は直接測定され、計算値との比較が可能な量の 1 つである。電子移動速度の式より電子の全衝突断面積 電子エネルギー分布の両方に依存する量であることがわかるが、そのうち特に運

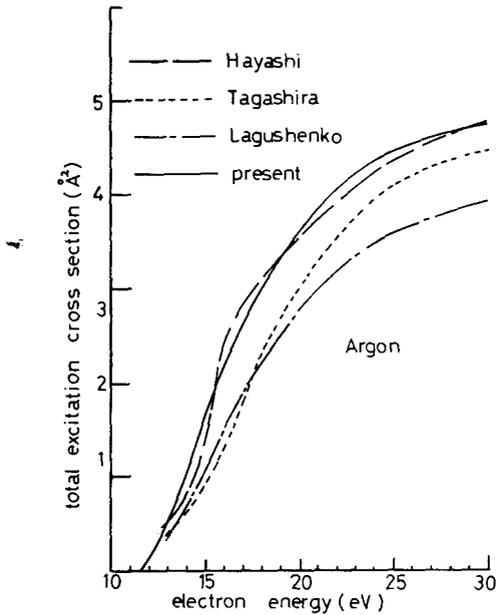


図4 全励起断面積の値。電子エネルギー分布関数の計算に用いた直接励起の衝突断面積の総和。実線がここで用いた値、破線(林氏)の値に近い。

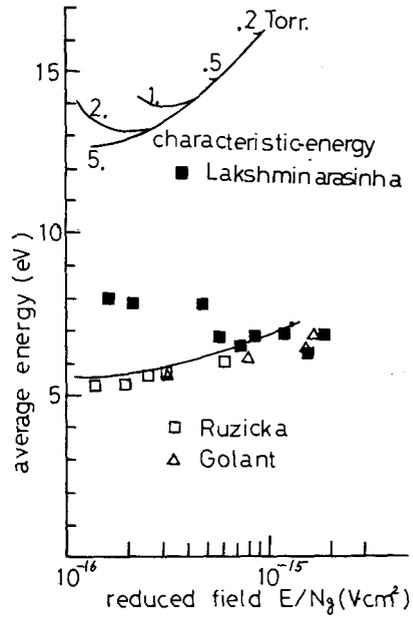


図5 平均エネルギーと特性エネルギーの換算電界による変化。平均エネルギーは測定値(□, △)とよく合っている。一方、特性エネルギーは測定値(■)と大きく異なり、計算結果は気圧依存性を示した。

動量変換断面積の影響が強く現われている。図5に示すように、実線で示した計算値と実験値(△ Errett氏, ⊙ Jagar氏ら, ⊙ Brambring氏, ○ Herreng氏, × Küçükarpaci氏)と比較するとよい一致が見られる。今回の  $E/N_2$  の計算範囲では、以前の報告の場合に比べかなりよくなっている。これは運動量変換断面積の近似の方法に大きく影響されており、Brode氏やPhelps氏ら<sup>(13)</sup>の値を参考に、今回の移動速度の計算結果と実験値により一致が得られるように断面積を決定したためである。一方、この衝突断面積は電子拡散係数の計算式にも現われるが、他の部分ではほとんど現われず、電子エネルギー分布の決定に現われるのみである。また、電子の径方向損失項において用いられる特性エネルギー中に電子拡散係数を用いているが、本計算の範囲内では特性エネルギーの値にこの衝突断面積の依存性はほとんどなかった。その他、非弾性衝突もほとんど影響しなかった。

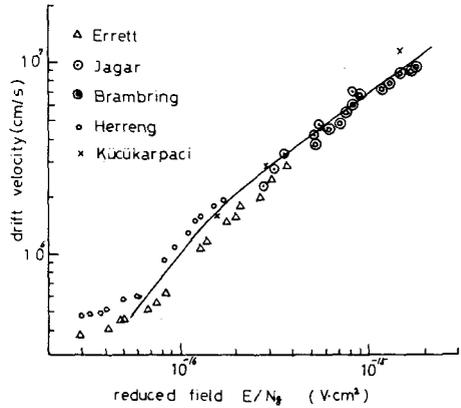


図6 移動速度の換算電界依存性。計算値(実線)と測定値はよく一致している。

平均エネルギーと特性エネルギー ( $D_e/v_d/E$ ) の測定値と計算値を図6に示す。平均エネルギーはRuzicka氏(□), Golant氏(△)の測定値<sup>(20)</sup>と比べると全般的に大きく現われているが、定性的にはよく一致している。一方、特性エネルギーの計算値は実験値(Lakshminarasinha氏ら(■))<sup>(21)</sup>

に比べかなり大きくなっている。測定値のばらつきが大きいが、それにしても本計算値との違いが大きすぎる。この原因は不明であるが、考えられる事の一つとして、粒子密度が計算可能な電界の領域が全般に高電界域になっている事が挙げられる。実際に電界の大きさに相当する程度の特徴エネルギーのずれが存在する。

次に、直接電離、準安定準位への直接励起衝突数と換算電界  $E/N_0$  の関係を図7に示す。計算結果は実線で示してある。直接電離についてみると、測定値<sup>(22)</sup> (△ Abdulla 氏ら, ⊕ Golden 氏ら, ⊕ Kruithof 氏ら) と計算値 ( $\alpha_+/N_0 = Z_{g1}/v_d$ ) はよく合っている。この結果からみると直接電離の衝突数は非常に小さく、換算電界  $E/N_0$  の小さい所では放電維持に必要な電子は累積電離や準安定準位同志の衝突電離が重要になるものと思われる。そこで、準安定準位への励起衝突数をみると  $E/N_0 \approx 5 \times 10^{-20} \text{ Vm}^2$  付近を中心に測定値 (Ferreira 氏ら<sup>(6)</sup>) と計算値と差異が見られる。 $E/N_0$  の小さい領域では計算値が大きい。一方  $E/N_0$  の大きい領域になると逆に計算値が小さく現われている。計算結果は、Ferreira 氏ら、Judd 氏<sup>(3)</sup> の計算値とほぼ一致しているが、その妥当性については、多くの実験値との比較が必要と考えられる。累積電離項は準安定準位の占有密度と累積電離衝突数に比例するので、ここで累積電離衝突数についても、同図に示してある。これを見ると  $E/N_0$  による変化は小さい。なお、Ferreira 氏らおよび Judd 氏による計算結果も示してあるが、本計算はその中間に位置している。衝突断面積はほぼ同じものを (Vriens 氏<sup>(23)</sup>) 用いているが、電子エネルギー分布や衝突断面積の細かい差によるものと考えられる。この結果、累積電離は電子密度と準安定準位にある分子密度により決まると考える事もできる。

次に電子密度と準安定準位にある励起分子密度と放電電流との関係を図8に示す。電子密度、準安定分子密度ともに電流の増加と同時に増加しているが準安定分子密度はしだいに飽和し始めている。また、気圧が高くなると準安定分子密度は減少し電子密度は逆に増加している。ただし、準安定準位は2つの準位を一括して扱っている。Ferreira 氏<sup>(6)</sup>らの測定結果 (0.75 Torr の場合) と比較すると、本計算値は相当大きく、飽和し始める電流値も大きい方に移動している。図中破線は径方向の荷電粒子損失速度を等価電子温度 (2Us/3) を用いた場合の計算結果で、特性エネルギー ( $D_e/b_e$ ) の場合に比べ、実験値によく近似した値になっている。電子の径方向損失が減少すると、電子密度が増加する。一方、電離は主として準安定準位を介して行われているため、放電電流の増加は準安定準位密度の増加を妨げる方向に働く。直接励起・直接電離数は電流の増加に対し、電子密度の増加部分により増加するが、一方で電流増加とともに  $E/N_0$  が減少するため衝突周波数は減少する。実際にはこの両者の

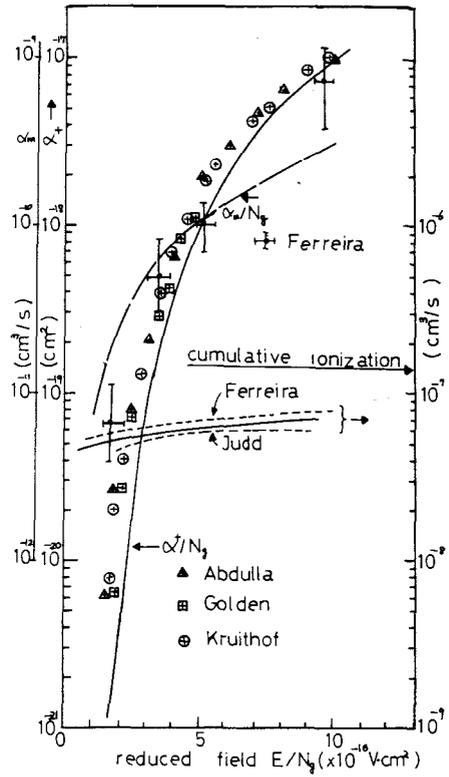


図7 直接電離（実線）、準安定準位への衝突励起（破線）、累積電離の換算電界依存性。直接電離 ( $\alpha_+/N_0$ ) は測定値 (△ ⊕ ⊕) に比べ少し小さいが、よく合っている。準安定準位への励起 ( $\alpha_m/N_0$ ) は測定とのずれがみられる。累積電離については点線で示した Ferreira 氏、Judd 氏らの理論値とほぼ一致している。

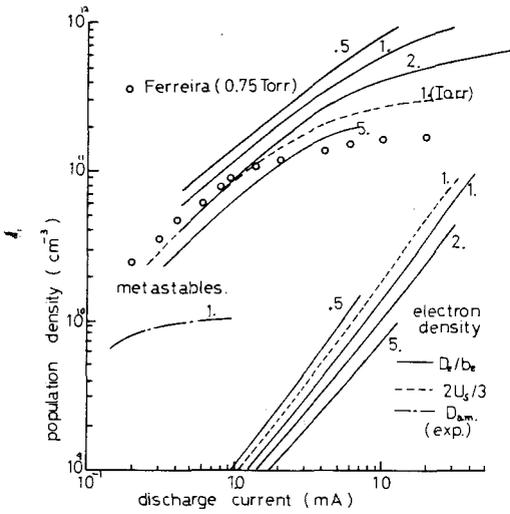


図8 準安定準位密度，電子密度の放電電流依存性．計算値（実線）は放電電流の増加とともに，密度も増加するが，準安定準位の方は飽和現象が見られる．荷電粒子の径方向損失の割合により密度は大きく異なり，点線で示した ( $D_e = b_i$  ( $3U_e/3$ )) の場合が測定値 (0.75 Torr) に最も近い値となっている．

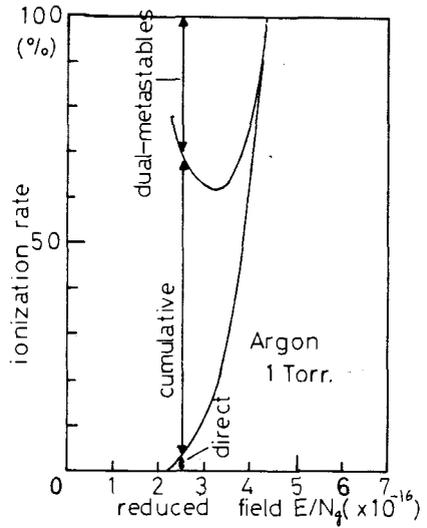


図9 電離に占める直接，累積の準安定原子同志の衝突の割合．換算電界 ( $E/N_e$ ) が小さくなると準安定準位を介しての電離が多くなる (1 Torr の場合の例が示してある)．

平衡する点で放電が維持されている。1例として 133 Pa の場合の電離数の構成比を図9に示す。

特性エネルギーの値は相当大きく，これに関連して換算電界の大きな領域でしか粒子数平衡式が解けない事が挙げられる。そして，これらのことは電子エネルギー分布の形の影響が強いように思われる。つまり，励起や電離が始まる電子エネルギー付近から，電子分布は急激に減少し，直接電離・励起は換算電界が十分大きい領域においてのみ放電維持に必要な電子数が確保できる。準安定準位については直接励起に対しその事が当てはまり，準安定分子密度の増加が換算電界の大きさに依存し，累積電離確率があまり変化しないためである。一方，径方向荷電粒子損失速度は粒子数平衡式の解の存在領域（換算電界の範囲）と関係し，特性エネルギー，等価電子温度，両極性拡散係数の実測値  $D_{em}^{(24)}$  の順に小さくなるが，計算結果をみるとそれぞれ準安定準位の密度は減少し，電子密度は増加する事がわかる。これは電子密度の増加により累積電離は増し，準安定準位の増加はそのため抑えられ飽和するからである。

次に，換算電界の気体分子密度と陽光柱半径の積への依存性を図10に示す。放電電流 1 mA および 10 mA の場合について計算結果を実線で示している。Ferreira 氏<sup>(6)</sup>らの測定値は 10 mA の場合を

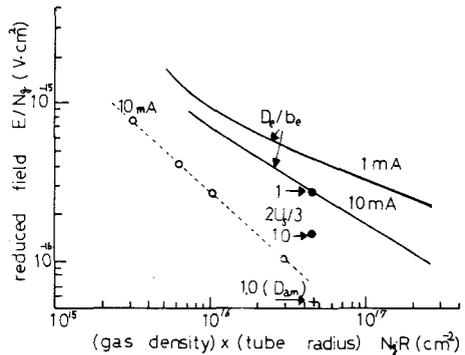


図10 換算電界と気圧の相似則．計算値（実線）は，電子エネルギー分布より求めた特性エネルギーより荷電粒子損失を計算しているが，測定値（ $\dots\circ\dots$ ）に比べ，電界の大きい方が現われている．径方向損失を小さくすると，実験と一致する ( $\circ$ :  $2U_e/3$  の場合，  $+$ : 両極性拡散係数の実測値 (放電電流 1 mA) の場合)．

示している。これをみると、本計算値は  $E/N_0$  が 5 倍程度大きく現われているが定性的には同様の傾向を示している。この場合にも前述の説明が成り立つ。電子の径方向拡散損失の扱いを、 $D_e/b_e$  の代わりに  $2Us/3$  および両極性拡散係数の実験を使用した場合にはより実験値に近い特性が得られる。図中に 133 Pa ( $N_0 \approx 3.54 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ ) の場合の計算値を示している。径方向損失速度が小さい方が放電維持電界が小さくなっている事がわかる。

以上より、次の事が言える。電子エネルギー分布関数の計算に用いた衝突断面積はほぼ適当な組合せが得られた。しかし、粒子数密度の計算に用いた諸量に不十分な点が存在している。そのうち径方向の荷電粒子損失項の扱い方に問題があるように思われる。また、4 s 準位内での相互衝突遷移の評価と、共鳴準位の捕捉の効果等の厳密な定式化についても問題点となる。これらについては今後の課題である。

アルゴン低気圧放電陽光柱プラズマにおいては、低電流領域では直接電離も電子源と考えられるが電流の増加とともにその寄与は急激に減少し、累積電離の項が重要な電子源となる事が確かめられた。

#### § 4 まとめ

電子エネルギー分布関数は換算電界と気体種類個有の衝突断面積等を与え、ボルツマン輸送方程式に二項近似することにより比較的簡単に得られる。解析的表現を要求しない場合には、計算機を用いた数値解が容易に得られるためである。

グロー放電陽光柱プラズマの励起機構の解析を行う場合に用いられる電子エネルギー分布関数は、最近ではほとんど上記の方法またはモンテカルロ法等で求める事は当然と考えられる。そして、放電プラズマの中で準安定準位にある励起分子の影響が放電特性に対し無視できないこともよく知られており、グロー放電陽光柱においても同様である。

ところで、電子エネルギー分布関数の計算には第一近似としては基底準位からの直接励起のみを非弾性衝突項として扱うが、上記の事から準安定準位からの励起・電離を考える事も重要である。

そこで、本報告では励起準位の占有密度（主として準安定準位）を粒子数平衡式より求め、ボルツマン方程式と連立させ電子エネルギー分布関数と占有密度を自己矛盾のない形で求め、陽光柱プラズマの理論的解析を行った。また、粒子数平衡式から得られる電子密度は電子エネルギー分布の決定の一要因となるクーロン衝突項の考慮も可能にするが、今回の計算範囲内では低電流領域のためほとんど無視できた。計算はアルゴン気体圧力 20～800 パスカ、放電電流 0.1～20 mA で放電管直径 2.6 cm の陽光柱プラズマとし、換算電界値では  $1 \sim 12 \times 10^{-16} \text{ V} \cdot \text{cm}^2$  の範囲である。なお、アルゴン気体の電子衝突断面積の組合せの選定も重要な目的の一つである。

電子輸送係数および粒子密度の計算結果より、準安定準位の重要性を確認し、陽光柱プラズマの放電特性を実験値と比較し定性的にはよい一致を得た。

一方、問題点としては衝突断面積を除く他の輸送係数の詳しい吟味の必要性和放電特性の解析結果に定量性を与える事が挙げられる。また、実験による確認も重要で放電特性もさることながら、電子輸送係数の測定も今後残された重要な問題と考えられる。

#### 参考文献

- (1) N. D. Twiddy, S. W. Rayment: J. Phys. D2 (1969) 1747
- (2) 瀬戸俊樹, 西辻昭, 坂口威: 電気学会論文誌 A103-1 (1983) 1
- (3) 奥田孝美「気体プラズマ現象」(1964) コロナ社, H. Brunet, P. Vincent: J. Appl. Phys. 50 (1979) 4700, O. Judd: J. Appl. Phys. 47 (1976) 5297
- (4) C. B. Opal, W. K. Peterson, E. C. Beaty: J. Chem. Phys. 55 (1979) 4100

- (5) E. Kreyszig: 「常微分方程式」(1970) 培風館(田島他訳)
- (6) C. M. Ferreira, J. L. Delcroix: J. Appl. Phys. 49(1978) 2380, C. M. Ferreira, A. Ricard: J. Appl. Phys 54(1983) 2261, C. M. Ferreira, J. Laureiro, A. Ricard: J. Appl. Phys. 57(1985) 82
- (7) American Institute of Physics Hand book (3d ed)
- (8) J. P. Gaur, L. M. Chanin: Phys. Rev. 182(1969) 167
- (9) 電気学会「放電ハンドブック」(1973) オーム社
- (10) L. R. Peterson, J. E. Allen: J. Chem. Phys. 56(1972) 6068, D. Rapp, P. Englander-Golden: J. Chem. Phys. 43(1965) 1464
- (11) J. J. Thomson: Phil. Mag. 23(1912) 449, H. W. Drawin: Z. Physik. 221(1968) 404
- (12) J. T. Verdeyen: "Laser Electronics" (1981) Prentice-Hall
- (13) R. B. Brode: Rev. Modern Phys. 5(1933) 257, L. S. Frost, A. V. Phelps: Phys. Rev. A136(1976) 467
- (14) S. N. Salinger, J. E. Rowe: J. Appl. Phys. 39(1968) 4299
- (15) P. Kebarle, R. M. Haynes: Am. Chem. Soc. Washington "Ion-Molecule Reaction in the Gas Phase" (1966)
- (16) E. Ellis, N. D. Twiddy: J. Phys. B 2(1969) 1366
- (17) L. S. Frost: Phys. Rev. 105(1957) 354
- (18) M. Hayashi: J. Phys. D 15(1982) 1411, Y. Sakai, H. Tagashira, S. Sakamoto: J. Phys. D 10(1977) 1035, R. Lagushenko, J. Maya: J. Appl. Phys. 55(1984) 3293
- (19) J. S. Chang, R. M. Hobson, 市川幸美, 金田輝男: 「電離気体の原子・分子過程」(1982) 東京電機大学, H. N. Küçükarpaci, J. Lucas: J. Phys. D 14(1981) 2001
- (20) V. E. Golant: Sov. Phys. Tech. Phys. 4(1959) 680, T. Ruzicka, A. Rustcher, S. Pfau: Ann. Phys. 7(1970) 124
- (21) C. S. Lakshminarasinha, J. Lucas: J. Phys. D 10(1977) 313
- (22) R. B. Abdulla, J. Dutton, A. W. Williams: Proceedings of the XV IC PIG(1981) 367, D. E. Golden, L. H. Fisher: Phys. Rev. 123(1961) 1076, A. A. Kruithof, F. M. Penning: Physica 3(1936) 515
- (23) L. Vriens: Phys. Lett. 8(1964) 260
- (24) A. Redfield, R. B. Holt: Phys. Rev. 82(1951) 874

(昭和60年10月15日受付)

## 呉市におけるがけ崩れ災害に及ぼす降雨，地形ならびに土の工学特性の影響について（第2報）

（土木工学科） 星 健 三  
 （土木工学科） 石 井 義 明

### On the Effect of the Rainfall, Topographical and Engineering Properties of Soils in Slope Failure Disasters at Kure-City (Report2)

Kenzo HOSHI  
 Yoshiharu ISHII

This paper firstly deals with the influence of rainfall on the natural slope failure from the same approach as in the previous paper, on the basis of data about natural slope failures in Kure-City between 1970 and 1985.

Secondly, by observing the relationship changing between water content in the natural slope and the rainfall, we have discussed its influence on the occurrence of slope failures.

The results of the above study and observation will show that the relationship between the antecedent precipitation index and 24-hour rainfall tends to be somewhat different due to the occurrence day of the slope failure and non-occurrence day. (Fig. 4)

When the degree of saturation approaches 100% natural water content of the surface soil will not increase any longer and will become invariable, notwithstanding much rain. Most slope failures seem to have the tendency to occur under such conditions.

#### 1 まえがき

呉市は平地が少なく住宅地として利用できる土地が少ないため，山麓の急傾斜地を切土し宅地化されている所が多い。このため家屋倒壊や死亡につながるがけ崩れによる被害を過去に度々受けている。この災害を防止或いは軽減するため降雨と災害の関係やこれに関する素因・誘因等について多くの研究がなされるとともに，これを用い警戒警報や避難命令を出す目安となる基準雨量を設けたり，急傾斜危険地域の指定などが行なわれている。呉市当局者ならびに多くの研究者の努力により近年は災害発生の割に死傷者は減少しつつあるようである。しかし今までの調査研究結果は必ずしも十分なものといえず降雨，災害，素因を含めた総合的な研究例は少ない。著者らは以上のような観点にたち以前よ

り降雨、災害、地形、土の工学特性の関係を調べておりその一部はすでに前報で報告<sup>1)</sup>した。それによれば先行降雨指数は災害発生日と非発生日では明らかに傾向が異なること、地形図から求めた平均傾斜角と起伏の関係はよい相関を示し災害多発地と非多発地で傾向の異なることを明らかにした。しかし前者についてはがけ崩れ災害発生日のデータが少なかつたため、ここでは昭和60年度6、7月に呉市で発生した災害データを更に加えくわしく調べた。また降雨量の変化に対し実際の地盤の含水比がどのように変化するかを観測し累積降雨量による地盤の乾湿を示す先行降雨指数APIとの関係も調べまとめた。その他前報以降に判明した不攪乱まき土の工学特性についても一部報告する。

## 2 使用した資料ならびに含水比の測定について

がけ崩れの発生と降雨の関係については前報は主に昭和54~56年の災害記録を用いたが、今回は昭和60年6月、7月のいわゆる梅雨季に発生した災害をつけ加えるとともに、先行降雨指数APIの計算では52年以降の資料を用いた。災害記録は呉市建設局土木課でまとめられたもので、急傾斜危険指定地域、又は近い将来指定地域に入るとされる地域で発生した自然斜面の崩壊を対象とした。従って実際にはこれ以外の地域でも多くのがけ崩れが発生している。災害の発生地は呉市天応町から仁方町の広い範囲にわたっている。

一方自然含水比の測定は呉市阿賀町大空山の頂上附近の平坦地と中腹の緩い傾斜地の2ヶ所で行なった。含水比は測定時刻、試料の採取深さにより異なるから概略15時頃、地表面と、地表から15~20cmの深さで採取し実験室に持ち帰り測定した。その他APIの計算に用いた降雨記録は運輸省呉測候所で得たものである。

## 3 災害発生に及ぼす降雨の影響

降雨量の増加は地盤への浸透水が増大し地盤強度を低下させるからがけ崩れによる災害が発生しやすくなる。このため降雨量から災害を予知する研究例は多く、著者らが呉市における24時間雨量と降雨開始から崩壊発生までの時間との関係を調べた結果が図1である。今回のデータも概ね前回データ同様破線の右側にある。破線は雨量の増大とともに崩壊発生までの時間が早くなることを示し、破線をはみ出し下側の範囲で発生するものは非常に少ない。呉市における24時間雨量の階級別出現率は99mm以下が90%であるから<sup>2)</sup>降雨開始後10時間以内に発生する災害は非常に少ないといえる。また降雨が80mm/dayの所で破線が折れ崩壊までの時間が急速に長くなっている。これはこの附近の降雨量を境にしてがけ崩れの機構が異なるためではないかと考えられる。例えば降雨量が多く早く崩壊する場合は雨水の浸透深さが浅く表層部が崩壊しその規模は小さい。逆に降雨量が少なく崩壊発生までの時間が長くなるのは雨水が深くまで浸透し崩壊規模が大きくなると想像される。これを確かめるため崩壊又は流出土砂量と崩壊発生までの時間の関係でプロットすると図2のようである。破線で示すように崩壊時間が長くな

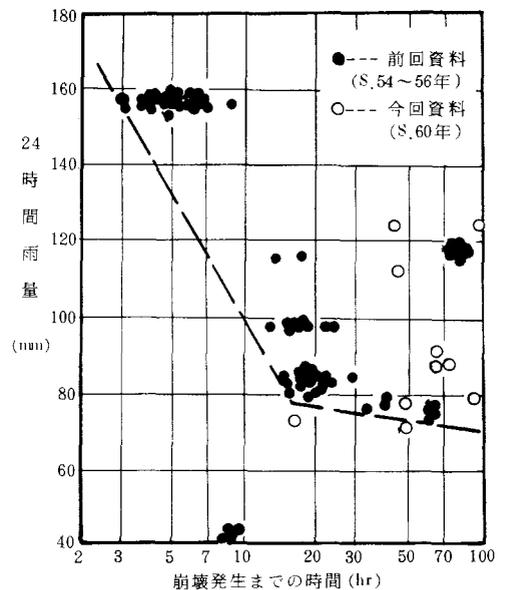


図1 日雨量と崩壊発生までの時間

るほど崩壊土砂量の最大値は大きくなっており、雨水が深くまで浸透し崩壊規模が大きくなることが伺える。またある程度の時間が経過した後は崩壊土砂量は一定値に近づくようである。これは地中のある深さ以上では土の密度が大きく透水性が悪くなり、それ以上自由地下水の浸透が減少するためと思われる。ここで呉市における自然斜面崩壊土砂量とその発生率を示すと表1のようである。5m<sup>3</sup>以下の小規模なものが最も多く26.1%であり、10m<sup>3</sup>以下のもので約50%に達し全般に規模が小さい。またこれらの土砂量を各崩壊面積で除すれば概略の平均的崩壊土層の厚さが求まる。得られた結果を示せば表2のようである。ただし崩壊面積は資料に記録されている崩壊高さに幅を乗じたもので厳密なものではなく、実際には計算に用いた値よりやや小さいと思われる。表は0.35m以下の薄い表層のすべりが最も多く50%近く、1.0m以下のものが90%近くもある。これは後述の図9からも分るように呉市周辺山麓における不攪乱まき土の透水係数が10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup> cm/secのオーダーであることからすれば、10時間で3.6~36 cm、20時間で7.2~72 cmの浸透深さとなり表2の平均的崩壊土層の厚さに概ね対応している。以上より呉市におけるがけ崩れ災害の特徴は小規模で薄い表層部のすべりが多発するといえる。

次に降雨開始から災害発生までの連続雨量もがけ崩れに大きく影響するため、これと災害発生までの時間との関係をプロットすると図3のようである。ただし連続雨量は災害発生までの時間が長いほど雨量は大きくなり降雨の強弱を示さず比較しにくい点がある。このため連続雨量をその時間で除した平均の1時間当りの連続雨量を縦軸にとった。データの上限と下限値を結ぶと破線のようになり、

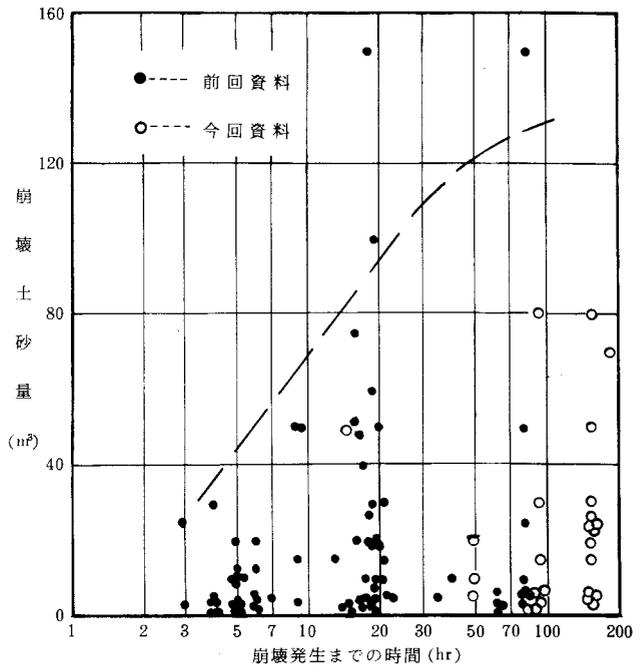


図2 崩壊土砂量と崩壊発生までの時間

表1 崩壊または流出土砂量の発生率

土砂量 m <sup>3</sup>	5 以下	5 ~ 9	10 ~ 14	15 ~ 19	20 ~ 24	25 ~ 30	30 以上
発生件数	29	24	14	5	11	2	26
発生率 %	26.1	21.6	12.6	4.5	9.9	1.8	23.4

表2 崩壊土層の平均的厚さの割合

土層厚さ m	0.35 以下	0.35 ~ 0.7	0.7 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 以上
発生件数	43	33	2	8	2
発生率 %	48.9	37.5	2.3	9.1	2.3

時間連続雨量の減少につれ崩壊発生までの時間は長くなっている。今回のデータも前報で得た破線の範囲内にあり、図1に比しばらつきも小さいことから、横軸の10時間までについては図1よりよい精度で災害発生時刻の推定に有用である。5 mm/hr 以下の場合には降雨開始から10時間以上経過しなければ崩壊は発生しないと云えるがばらつきの範囲が大きく時間の推定はむずかしい。

4 先行降雨指数によるがけ崩れ災害発生の予知

がけ崩れ災害は当日の降雨だけでなく災害が発生する以前の降雨がどれだけ残存しているか、つまり災害発生前日までの乾湿の影響が大きい。降雨にもとづく地盤の乾湿の程度を示す一つの目安として先行降雨指数 API を用いる方法があり、呉市の災害についてもこれを用い前報で報告した。それによれば災害発生当日と非発生の日では明らかに傾向が異なり API と24時間雨量との間により相関を示した。尚 API は前日までの雨量をもとに算出する  $R_0 \equiv 0$  の表示法を用い算出方法は種々の文献<sup>3)</sup>に見られるので詳細はここでは省く。前報のデータと昭和60年度のデータ等も加え24時間雨量との関係を示すと図4となる。ただし API の計算に用いる減少係数  $K=0.5$ 、事前降雨の日数  $n=7$  日として求めたものである。前報同様2本の破線で災害の発生日と非発生日が概略2分され、災害発生日の関係は破線の上側に位置している。破線は右下りで API が大きいほど、即ち事前降雨による含水比が高い状態にあるほど、雨量が少なくても、災害が発生しやすいことを示している。図中に示す数字は災害の発生件数であり2本目の破線より上側にあるものが多く発生することを物語っている。1本目の破線より下側

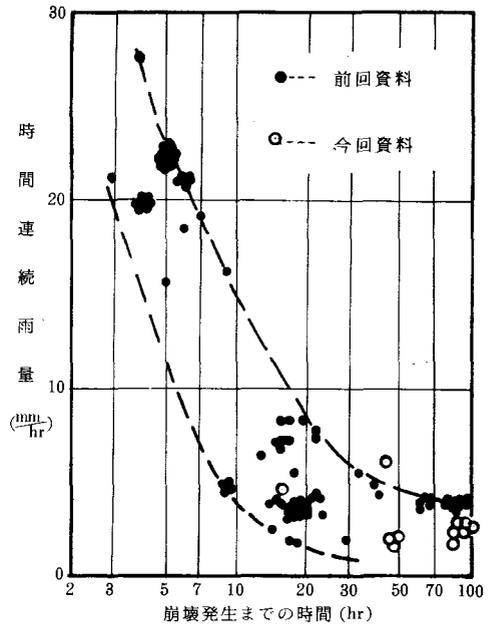


図3 一時間当り連続雨量と崩壊発生までの時間

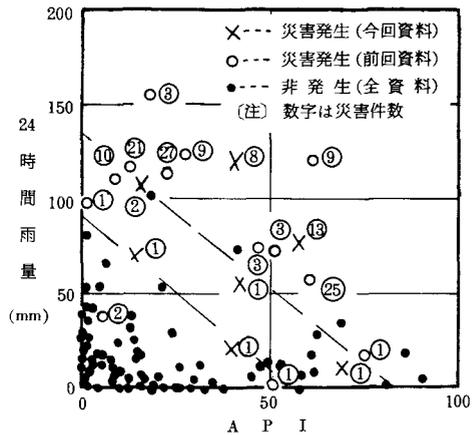


図4 24時間雨量とAPIの関係

にあるものは少なく、あっても発生件数は非常に少ない。この図より災害発生日と、非発生又は非常に少ない日との差が明確であるから、API を求めておけば当日雨量を推定することにより災害発生の予知或いは警戒警報の発令、避難命令の発動等に有用である。しかし API 算出に用いる雨量が呉地区等のように対象地域が広い場合、特定場所の警報避難命令発動の基準とできないことは今後の課題である。尚減少係数  $K=0.5$ 、 $n=7$  日を用いたのは  $n$  は一定で  $K$  のみ  $0.5, 0.7, 0.9$  と変えて API を求めたところ  $K=0.5$  の場合の相関性がよく  $K=0.9$  の場合はばらつきが大きくなったためである。一方、 $n$  についても  $K=0.5$  は一定で  $n$  のみ  $3, 7, 14$  と変えて API を求め比較すると、3より7としたほうが大きな API が得られ、含水比の高い危険な状態を想定する、云いかえれば安

全側になるため7を用いた。また7と14ではほとんど差が生じなかった，すなわち計算式の第7項以下の値の影響は小さいといえるため上述の  $K$  と  $n$  を用いた。

### 5 降雨量と実際地盤における含水比の関係

上述したように事前降雨による地盤の乾湿と当日雨量は災害発生と深い関係があるため，晴天時と雨天時で実際地盤の含水比がどのように変化するかを把握することは重要である。また降雨量と土の工学特性を関係づける意味からも大切である。そこで大空山の頂上近くの平坦地（No.1とする）と，中腹の傾斜地（No.2とする）の2ヶ所で含水比を測定した。No.1は切土されている所で草木の根などはみられないまさ土であり，No.2は自然の斜面でNo.1より有機物が多いようで黒っぽいまさ土である。

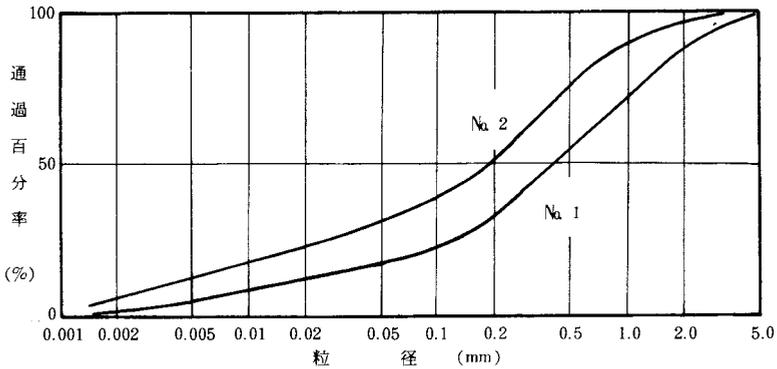


図5 含水比測定地における表層土の粒径過積曲線

これら試料の粒度試験を行なうと図5のようであった。両試料とも似たような粒度曲線であるが，No.1は粘土分が少なくやや粗な粒径のものが多く，6月20日から7月18日まで（6月29～30日観測できず）毎日15時頃に測定した含水比と，当日の24時間雨量を対比すると図6のようである。今年は特に降雨が多く6月下旬から7月上旬にかけて波状的に集中している。降雨と含水比の変化は必ずしも対応していない日もあり，例えば6月25日は大降雨にもかかわらずNo.1の含水比は増大しているが，No.2のものは減少している。或いは7月3日もかなりの降雨があるにもかかわらずNo.1の含水

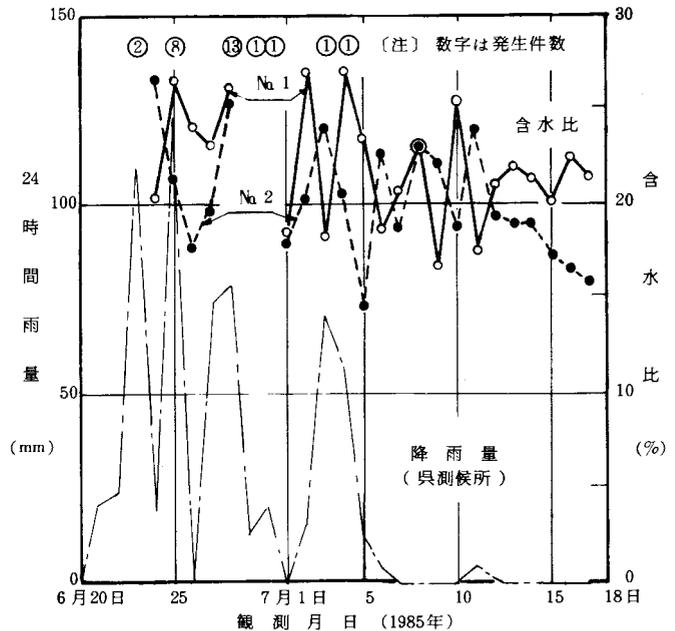


図6 災害発生件数と雨量，含水比の対応

比は低下し、No.2は増大しているし、その他7月10日以降はほとんど降雨が無いにもかかわらず含水比はそれぞれ増減している。このように必ずしも降雨と含水比の関係がよい対応を示していない理由は測定技術の問題もあるが、降雨と含水比測定時刻に差があること、事前降雨の影響等が複雑に関係あっているため、含水比のばらつきは必ずしも不自然な結果ではないと思われる。ところでNo.1の結果に注目すると降雨の多少にかかわらず含水比の最大値は約27%ではほぼ一定である。6月下旬の様に連日かなりの降雨があるにもかかわらず含水比の最大値がほぼ一定していることは、この地盤がほぼ飽和状態に達しているためと思われる。これを確かめるため、以前この付近の地盤の調査をした時のデータ、間げき比0.65~1.0、土粒子比重2.6を用い飽和度を求めると、含水比26~27%の時70~100%となる。従ってこの地盤はほぼ飽和状態に近いと推定でき、これ以上降雨があっても地盤は吸水せず、その多くは地表を流下するようになりがけ崩れ災害が生じやすい危険な状態である。図中に示す数値は当日急傾斜危険指定地域で発生したげけ崩れの件数で、飽和状態に近い含水比が27%近くを示す日に発生している。災害発生場所と含水比の測定場所は全く異なるが、当日の呉市全域における地盤は飽和状態に近かったと考えられる。また7月の初めより6月下旬のほうが発生件数が多い。これは6月下旬のほうがやや降雨量が多いことと、崩壊しやすい場所が早く崩壊してしまっているためと考えられる。

No.1とNo.2の含水比を比較すると全般にNo.2のものが低い。これは図5からも分るようにNo.2のものは細粒分がやや多く保水性が大きく、降雨を吸水しやすいが、ごく表層の土が吸水し試料を採取する深さまで降雨が浸透しにくいと思われる。このように考えるのは次のような事を試料採取時に経験するためである。すなわちNo.1の地点で採取する場合ごく表層土と試料採取深さ15~20cmの所の土の吸水状態は直感的にさほど差がないと思われるのに対し、No.2の地点ではごく表層の土がかなり吸水していると感じても採取深さではさほど吸水していると思えなく差があるためである。

次に同一場所で、災害がほとんど発生しない冬季の2月に測定した結果が図7である。降雨が零でも含水比は増減している日がある。これは1mm/day未満の小雨、みぞれ等は測候所の記録では無降雨として取り扱われるため、記録に表れない降雨により含水比が影響されていることも一因である。全般に夏季より含水比は低くNo.1については2月10日に飽和状態に達するほどの高い含水比を記録している。しかし事前降雨が少なく(注:1月15日から2月4日まで無降雨)、降雨が単発的であるため先行降雨指数は全般に小さく、最大は降雨の多かった2月19日の次の20日でAPI=20.8であった。これは図4からも分るように災害は発生しない範囲にある。冬季における降雨量としては記録的な多雨とされる今年でこの程度であるから、冬季における災害はごくまれで無いに等しいといえる。

このような降雨と実際地盤の含水比との関係は網干<sup>4)</sup>らも広島市内で調べてい

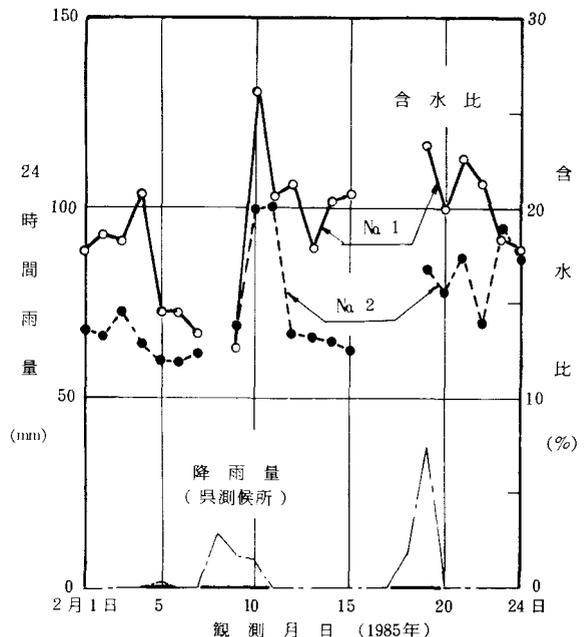


図7 冬季における雨量と含水比の関係

網干らの調査の目的は斜面における含水比が一定の値にまで減衰するのに要する日数を求めることで，それによれば減衰速度は地盤の深さにより異なるが，ほぼ20日前後で一定値まで減衰すると述べている。図6，7からすれば含水比の減衰速度は土の種類，密度，間げき比，或いは季節等の要因に影響されることが分り，本研究においては単純には云いきれない。図7は降雨の少ない季節で，この地盤はNo.1が約15%の含水比，No.2については約13%の含水比が最低値である。この値を一定値とみなし図6にあてはめ外挿すれば減衰の日数は約10日くらいといえる。また減衰の速さは20%以上の高含水比の時と，それ以下の低含水比の時で異なり，高含水比の時はNo.1，No.2とも折線の傾斜角は等しく一日約6～7%の割合で減少しており，低含水比の時は約1%くらいの割合で減衰するようである。本研究における先行降雨指数の計算においては  $n=7$ ，つまり一週間前からの事前の累積雨量を用いたが概ね妥当と思われる。但し粘土分が多く減衰日数の多くなる地盤においては  $n=7$  以上が望ましいと思われる。一方  $K$  については  $K=0.5$  を用いたが，図6，7からすればそれほど減少せず  $K=0.7$  ぐらいが妥当なようである。これらについては今後更に自然含水比の測定をしてからくわしく考察するつもりである。

### 6 自然含水比と先行降雨指数の関係

先行降雨指数 API は前日までの降雨量を式に代入し求まる半理論的な値である。一方含水比は直接測定することにより得られる実験値である。しかし両値とも大きければがけ崩れ災害が多く発生するという共通点があるため相関関係があると考えられる。そこで得られた API と含水比の関係をプロットすると図8となる。ただし API は  $R_0=0$  法により，つまり前日までの雨量をもとに求めているから，座標上の各点は当日の API と前日の含水比の組合せによって得た点である。結果のばらつきは大きい，明らかに API の増大とともに含水比も増大する関係がみられる。No.1，No.2とも同じ傾向にあるが，同一 API ではNo.1のほうがやや大きな含水比となっている。これは図5よりNo.2は細粒分が多いため降雨が浸透しにくく，表層土が降雨を毛管吸水する割合が多いのに対し，No.1はやや粒径の粗なまき土であるため降雨はただちに地中に浸透し，ごく表層土の保水能力が小さいことを示すものと思われる。災害の発生しやすい場所についてこれらの関係を前もって調べておけば，API から地盤の含水比状態を知ることができ災害の予知に有用である。

### 7 不攪乱まき土の透水係数

まき土斜面の安定を考える場合，土の強さ，表層土の厚さ，斜面こう配等が大きな要素となるが，同時に透水性も無視できない。八木は浸透雨水が斜面に沿って流下しこれが斜面先近辺での大きな水圧とパイピングを生ずる崩壊発生メカニズムを模型斜面で確かめており<sup>5)</sup>，田中<sup>6)</sup>は浸透水による自由水面と斜面が接する点が浸出線となりこの付近でパイピング現象が発生するとしている。このように斜面における雨水浸透は崩壊発生と直接関連するが不攪乱まき土の透水係数測定が困難であるため浸透流量等の計算はみられない。以上の様な観点から透水係数の測定は重要であるから，現位置で丁寧に円筒形に成形

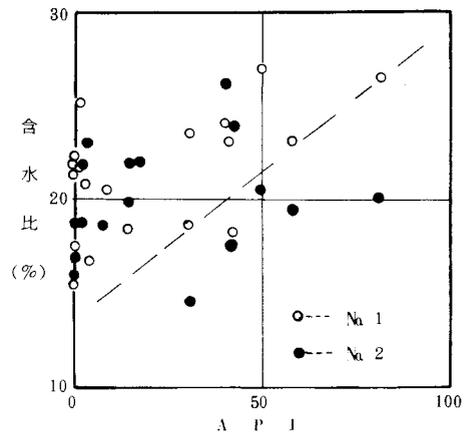


図8 含水比と先行降雨指数の関係

しつつ切り出した不攪乱まき土を，特別に作成した大型透水試験器にセットし調べた。この試験にお

ける問題点は供試体と円筒容器の間のすき間からの漏水を防止することであり、このため供試体と円筒容器の間に前もって10mm程度のすき間を作り、ここに透水性の小さい粘土を填充するなど工夫した。この試験方法の詳細、問題点等については文献7)を参照されたい。得られた透水係数  $k$  と間げき比  $e$  との関係を示すと図9となる。一部ばらついてはいるが概ね  $e$  の増大とともに  $k$  も大きくなっており、呉市休山山麓の自然斜面の  $k$  は約  $10^{-4} \sim 10^{-3}$  cm/sec のオーダーといえる。また図には供試体の直径が10cm、7.5 cm の2種類を用いた結果を示している。これは直径が小さいほど供試体体積に対する側面の面積の割合が大きくなり、供試体と円筒容器の間からの漏水の影響が大きくなり、実際より大きな  $k$  を得る可能性がある。これを比較検討するため2種類の直径のものを使用したはその影響はやや直径の小さいものの結果が大きいようである。その原因は漏水等の影響が考えられる。従って透水試験用供試体の直径は大きいものが望ましい。

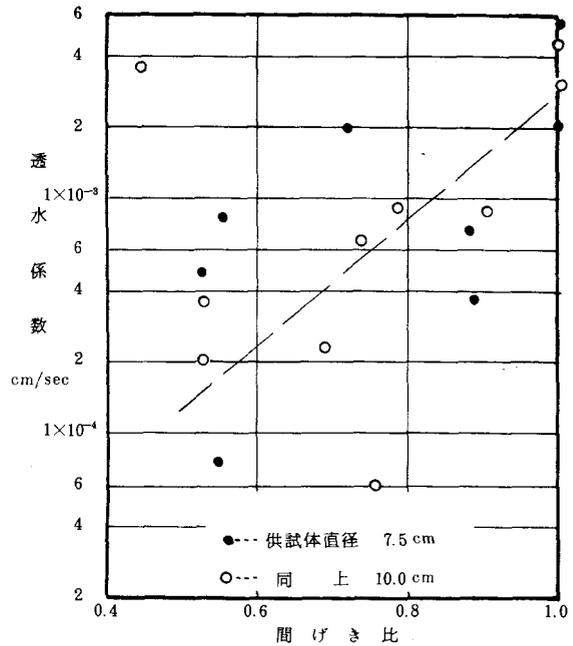


図9 不攪乱まき土の透水係数と間げき比の関係

8 むすび

かけ崩れによる災害予知の可能性を探るため降雨量と災害発生、更に土の工学特性との相関性を調べておりその一部は前報に報告した。今回はその後得られた災害データを加えこれらの関係を調べるとともに、実際地盤の含水比が降雨量とともにどのように変化するかを観測し、これが災害発生とどのような関係にあるかを比較検討した。得られた主な結果をまとめると以下のようである。

- (1)降雨開始から崩壊発生までの時間が長くなるほど崩壊土砂量が大きくなる。
- (2)24時間雨量と先行降雨指数の関係は図4のようになり、災害の発生日と非発生日が明らかに2分される。このため先行降雨指数を求めておけばその地域における災害発生の予知に有用である。
- (3)自然地盤の含水比は飽和状態に達すると、それ以降の降雨の多少にかかわらず一定となる。このような状態の時、更に降雨があると災害が多く発生する。呉市大空山における表層土は含水比が約26～27%で飽和状態に近くなる。
- (4)自然地盤の含水比は降雨がなければ20日程度で一定値まで減衰するとする説があるが、大空山の地盤についてみれば10日ほどで一定値になる。
- (5)呉市休山山麓斜面における表層の不攪乱まき土の透水係数の大きさは約  $10^{-4} \sim 10^{-3}$  cm/sec のオーダーである。

呉市は災害の多い所であり今後も半永久的に発生が予想される。このため今後もデータの集積につとめるとともに、土の工学特性も調べ素因、誘因を含めた総合的な相関関係を調べて行きたい。最後に昭和60年度の災害資料の提供など種々協力をいただいた呉市建設局土木課防災係長迫田文麿氏なら

びに荒木伸治係員に感謝の意を表します。また雨量記録の提供をいただいた呉測候所の方々にも末筆ながら感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 石井義明・星健三：呉市におけるがけ崩れ災害に及ぼす降雨，地形ならびに土の工学特性の影響について（第1報），呉高専研究報告，Vol. 21-1, pp. 71～80, 1985.
- 2) 上掲1)
- 3) たとえば篠原謹爾：河川工学，共立出版，pp. 75～76, 1975.
- 4) 網干寿夫・井上年行：真砂土斜面の災害予測について，昭和49年度土木学会中国四国支部学術講演会一般講演概要，pp. 74～76, 1974.
- 5) 八木則男：降雨による斜面崩壊実験，建設業界，pp. 36～38, 1984, 11.
- 6) 田中 茂：集中豪雨による斜面崩壊の本質，地すべり防止・斜面安定，総合土木研究所，pp. 36～48, 1977.
- 7) 石井義明：締固め土の透水性に関する2, 3の実験的研究，呉高専研究報告，Vol. 19, No. 2, pp. 78～83, 1984.

（昭和60年10月15日受付）

# Schubtraglastversuche der Stahlbetonbalken mit Rechteckquerschnitt bei Längszugkraft

von

Syuji NAKANO\*  
 Takahiro TAMURA\*\*  
 Tsunemi SHIGEMATSU\*\*  
 Takashi HARA\*\*

The reinforced concrete structure is subjected to the longitudinal tensile force due to the shrinking of the concrete, when the both ends of this structure are restrained. There are very few reports about the shearing behavior of that structure. This paper presents the results of the investigations on the shearing strength of the beam during the results of fundamental experiments considering the effect of the outbreak of the longitudinal tensile strength.

## 1. Einleitung

Seit langem war die Frage noch offen, wie es um die Schubtragfähigkeit von Stahlbetonbalken und -platten steht, wenn sie durch Zwanf infolge Temperaturrückgangs und Schwindens oder durch Lasten der Längszug erhalten und dadurch reißen. Besonders in den meist statischunbestimmten Stahlbetontragwerken des Hochbaus treten neben der planmäßigen Beanspruchung infolge ständiger Last und Verkehrslast in aller Regel auch noch unplanmäßige, lastumabhängige Beanspruchungen infolge von Zwangs auf. Die Zwänge entstehen durch die Behinderung der freien Temperatur- und Schwinddehnungen. Man muß daher vermuten, daß solche Längszüge von den Einflüssen der Temperatur- und Schwinddehnungen die Schubtragfähigkeit vermindert. Jedoch ist das Schubtragverhalten der Stahlbetonbalken und -platten bei Einfluß der Zwangbeanspruchung (Längszugkraft) ist nur wenig bekannt.

In dem vorliegenden Bericht wird das Schubtragverhalten von Stahlbetonbalken bei Einfluß der Längszug experimentell untersucht.

In Versuchsdurchführung werden die Schubversuche an Einfeldträgern mit Rechteckquerschnitt berichtet. Die Einflüsse von Größe der Längszugkraft und des Schubdeckungsgrades werden untersucht. Ferner wird die Neigung des Rißes durch Schubversuche der verschiedenen Längszugkräfte beanspruchte Balken untersucht.

## 2. Schubversuche

### 2-1. Versuchskörper

Die siebenundzwanzig Versuchskörper waren auf Balken mit Rechteckquerschnitt durchgeführt, deren Parameter in Tabelle 1 gezeigt sind. In Bild 1 zeigt der Querschnitt der Versuchsbalken (180cm lang, 10cm breit und 20cm dick) und ihren Abmessungen ist gleich. Die hauptsächlich Längsbiegebewerung war bei allen Versuchsbalken gleich. In allen Fällen bestand die Längsbewehrung aus 5 Stäben (2 Stäbe in Druckseite und 3 stäbe in Zugseite) D13, Betonformstahl (SD24), die gerade bis zum Balkenende durchgegangen werden. Als Schubbewehrung werden geschlossene Bügel  $\phi 6\text{mm}$  im Abstand von 10cm und 15cm beziehungsweise angeordnet. In Bild 2 ist die Anordnung der Bewehrung gezeigt. Die Abmessungen und Festigkeiteseigenschaften der verwandten Stabes sind in Tabelle 1 dargestellt.

---

\* Kure Technical college

\*\* Tokuyama Technical college

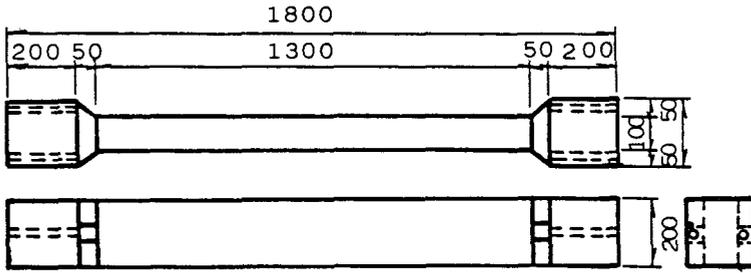


Bild 1. Versuchskörper

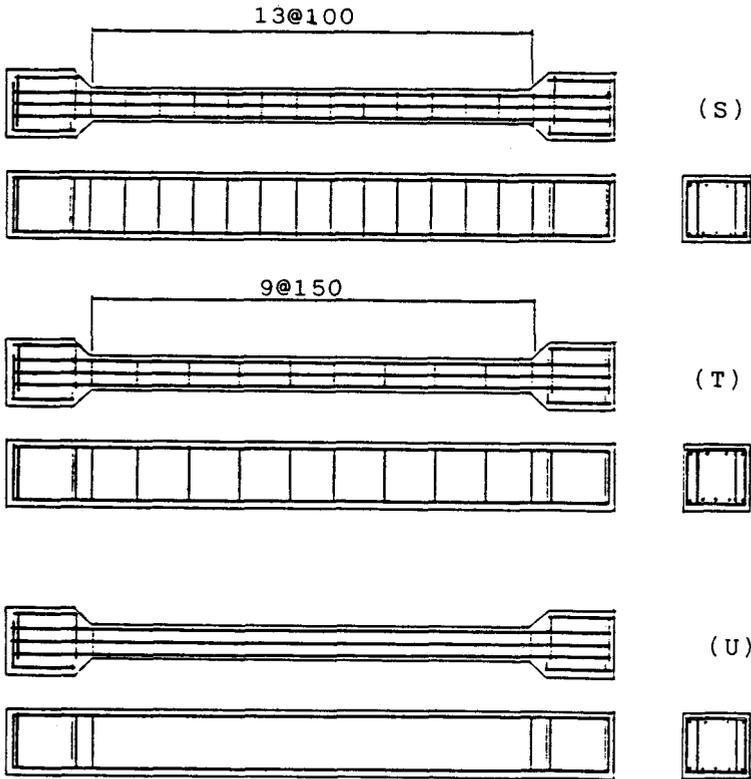


Bild 2. Anordnungen der Bewehrungen

Die Balken wurde nacheinander in einer Holzschalung aus 12mm dicken kunststoffbeschichteten Sperrholzplatten betoniert. Der Beton wurde in einem 60 l Zwangsmischer hergestellt und mit Tauchrüttlern verdichtet. Die Balken wurde nach einem Tag ausgeschalt und die folgenden 7 Tage unter feuchten Tüchern gelagert. Hiernach lagen sie bis zum Versuch in einem Raum. Für jeden Balken wurden 9 Zylindern mit 10/20cm zur Bestimmung der Zylinderdruckfestigkeit hergestellt. Drei zylindern davon wurden an verschiedenen Tagen während der Erhärtungszeit geprüft. Die Zylinderdruckfestigkeit  $\sigma_c$  wurde an 3 Zylindern 10/20cm ermittelt. Die Festigkeitswerte sind in Tabelle 1 angegeben. Es wurde die Betongüte  $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$  angestrebt. Die Zusammensetzung des Frischbetons ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 1. Parameter und Versagensarten

(1)	(2) (cm)	(3) (kg)	(4)	(5)	(6) (cm <sup>4</sup> )	(7) (°)	(8) kgf/cm <sup>2</sup>	(9) (kg)	(10)
SA-1	10.0	4000	2.78	219	4865	68	139.7	7200	D
SB-1	10.0	2000	2.78	219	4750	49	83.7	7860	D
SC-1	10.0	0	2.78	219	4872	42	96.6	8040	D
SA-2	10.0	4000	2.50	326	4705	51	77.7	9760	D
SB-2	10.0	2000	2.50	326	4724	40	90.0	9680	D
SC-2	10.0	0	2.50	326	4798	34	102.5	10660	Z
SA-3	10.0	4000	2.22	386	4077	54	148.3	11000	D
SB-3	10.0	2000	2.22	386	3895	43	62.2	10040	D
SC-3	10.0	0	2.22	386	3914	30	162.9	12600	D
TA-1	15.0	4000	2.78	261	3871	49	87.9	7820	D
TB-1	15.0	2000	2.78	261	4038	37	119.4	7410	Z
TC-1	15.0	0	2.78	261	4010	34	168.0	7400	Z
TA-2	15.0	4000	2.50	261	4030	52	118.7	7400	D
TB-2	15.0	2000	2.50	261	3914	50	54.5	8610	Z
TC-2	15.0	0	2.50	261	4006	35	143.8	8200	Z
TA-3	15.0	4000	2.22	320	5104	52	100.8	8610	D
TB-3	15.0	2000	2.22	320	4583	41	154.2	11000	Z
TC-3	15.0	0	2.22	320	4607	40	71.2	9000	Z
UA-1	-	4000	2.78	320	4772	52	58.0	4960	Z
UB-1	-	2000	2.78	320	4712	45	53.0	5000	Z
UC-1	-	0	2.78	320	4327	38	72.5	5200	Z
UA-2	-	4000	2.50	342	3933	50	78.0	6000	D
UB-2	-	2000	2.50	342	4398	40	93.4	6400	Z
UC-2	-	0	2.50	342	4440	49	87.8	7600	Z
UA-3	-	4000	2.22	342	4350	52	59.8	5620	D
UB-3	-	2000	2.22	342	4470	43	113.8	7840	Z
UC-3	-	0	2.22	342	4532	38	135.2	8040	Z

(1) Versuchskörper

(2) Abstand der Bugei

(3) Längszugkraft

(4) a/d

(5) Betondruckfestigkeit

(6) Tragheitsmoment

(7) Rissewinkel

(8) Hauptspannung

(9) Bruchlast

(10) D: Schubdrucksbruch      Z: Schubzugsbruch

Tabelle 2. Zusammensetzung des Frischbetons

Zement	370kg/m <sup>3</sup>
Wasser	185kg/m <sup>3</sup>
Betonzuschlag	1788kg/m <sup>3</sup>
Wasserzementwert	0.5
Setzmaß	8 cm
Betonfestigkeit	300kg/cm <sup>2</sup>

## 2 - 2. Versuchsdurchführung

Für Untersuchung der Schubtragfähigkeit wurden drei verschiedene Längszugkräfte (0kg, 2000kg, 4000kg) und drei verschiedene Schub-Länge-Verhältnis(a/d) berücksichtigt. Die Balken wurden in einer 200t-Druckprüfpresse auf einem 3.0m langen schweren Stahlträger geprüft. Der Stahlträger lagerte auf dem unteren Druckteller der Prüfpresse auf. Die Versuchseinrichtung ist in den Bildern 3 und Bilden 4 gezeigt. Die horizontale Zugkraft wurde durch eine Öl-druckpresse (30t) aufgebracht, die sich gegen einen auf dem Stahlträger montierten Widerlagerbock abstützte. Die Balken wurden mit zwei Einzellasten P/2, die drei verschiedene Abstände (a=40cm, 45cm und 50cm) von den Auflagern entfernt waren, belastet.

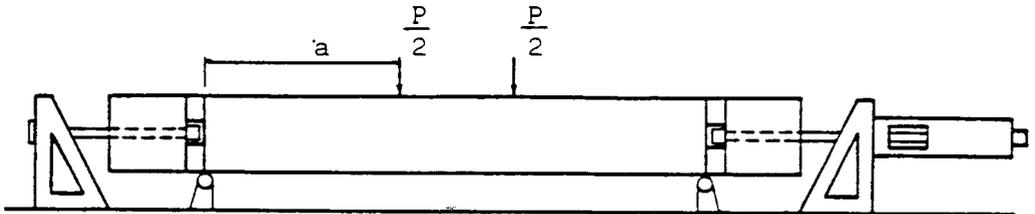


Bild 3. Schubversuche

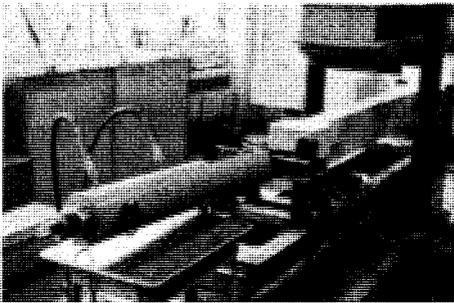


Bild 4. Versuchseinrichtung

Die Dehnungen der Längs- und Bügeldehnungen wurden mit Dehnungsmesser gemessen. Horizontale und vertikale Durchbiegen wurden durch 6 Meßuhren mit 1/100mm Teilung gemessen. In den ganzen Balken wurden die Messungen der Risse durchgeführt. Bei jeder Laststufe wurden alle Messungen durch ein BASIC-Programm aufbereitet und gespeichert.

3. Versuchsergebnisse

Schubbruchlasten und -arten bei 27 Versuchsbalken sind in Tabelle 1 angegeben. Alle Versuchsmodelle versagten durch der Schub infolge Fließens der Schubbewehrung oder des Betons. D und Z in Tabelle 1 bedeuten Schubdruckbruch und Schubzugbruch beziehungsweise.

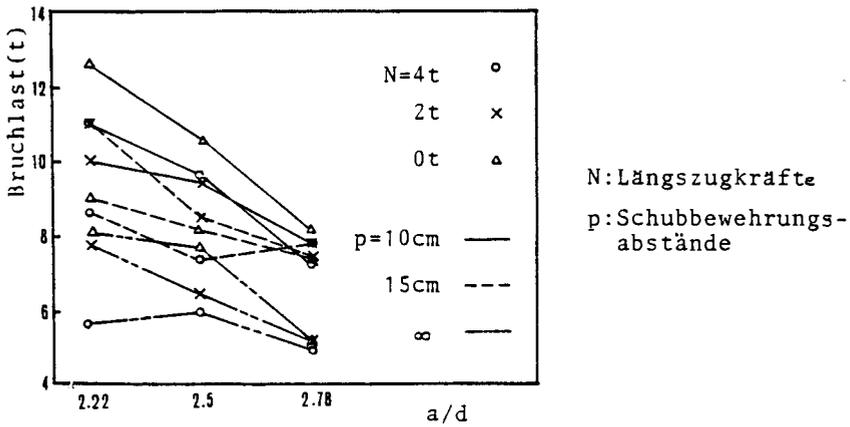


Bild 5. Schlüßlängen-Schubtraglasten-Diagramm

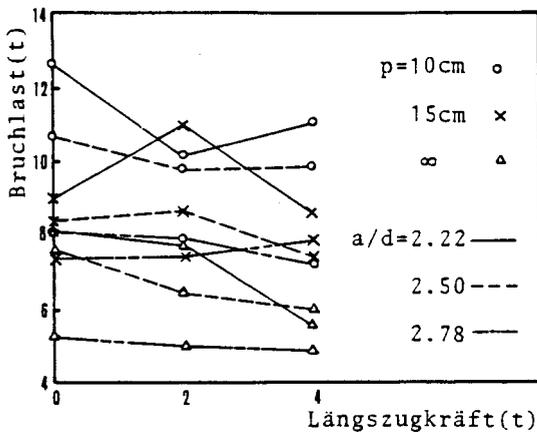


Bild 6. Längszugkräfte-Schubtraglasten-Diagramm

In Bild 5 und 6 sind die Schubbruchlasten für verschiedene  $a/d$ -werte, Längskräfte und Schubbewehrungsabstände angegeben. Die Versuchsergebnisse nach Tabelle 1 entspricht mit den Versuchsmodellen U ohne Berücksichtigung der Schubbewehrung den Erwartungen, da die Schubtragfähigkeit bei dem Einfluß des Längszug verminderte. Vergleicht man die Schubbruchlasten bei dem Einfluß der Schubbewehrung zeigt sich, daß die Modell S mit dichten Schubbewehrungsabstand den Einfluß des Längszug stark bekommt. Je größer der  $a/d$ -wert in Vergleich mit drei verschiedenen  $a/d$ -Werte ist, desto kleiner ist die Schubtragfähigkeit der Versuchskörper von dem Einfluß der Biegung.

Bild 7 zeigt die Entwicklung des Rißbildes an Versuchsbalken TA-2, TB-2, TC-2. Mit Zunahme der Vertikallast bildeten sich Biege- bzw. Schubrisse. In Tabelle 1 sind die Neigungen der Risse, bei Schubbruch dargestellt. Bei Versuchskörper ohne Längszugkraft betragen die Neigungen der Risse rd.  $30^\circ$  bis  $49^\circ$ . Bei der Berücksichtigung der Längszug, die alle zahlreiche Trennrisse aufwiesen, bildete sich das Schrägrißbild unbeeinflußt durch die Vorrißbildung aus. Im Vergleich mit den Versuchsbalken TC-2, TB-2, und TA-2 in Bild 7 läßt sich die Neigung der Schrägriß von der Größe der Längszugkraft beeinflussen.

Die Versagensarten (D und Z) der Schubbruch werden infolge von der Größe der Neigung der Schrägrisse, d.h. infolge von der Größe der Längszugkraft, bestimmt. Der Schubdrucksbruch (D) entsteht von dem Bruch des Beton in Druckseite, da man das Verhalten des Balken als Biegebruch infolge von der großen Neigung der Schrägrisse (Bild7a) betrachtet. Schubzugbruch (Z) entsteht infolge von Bindemittelsbruch zwischen der Längsbewehrung und dem Beton.

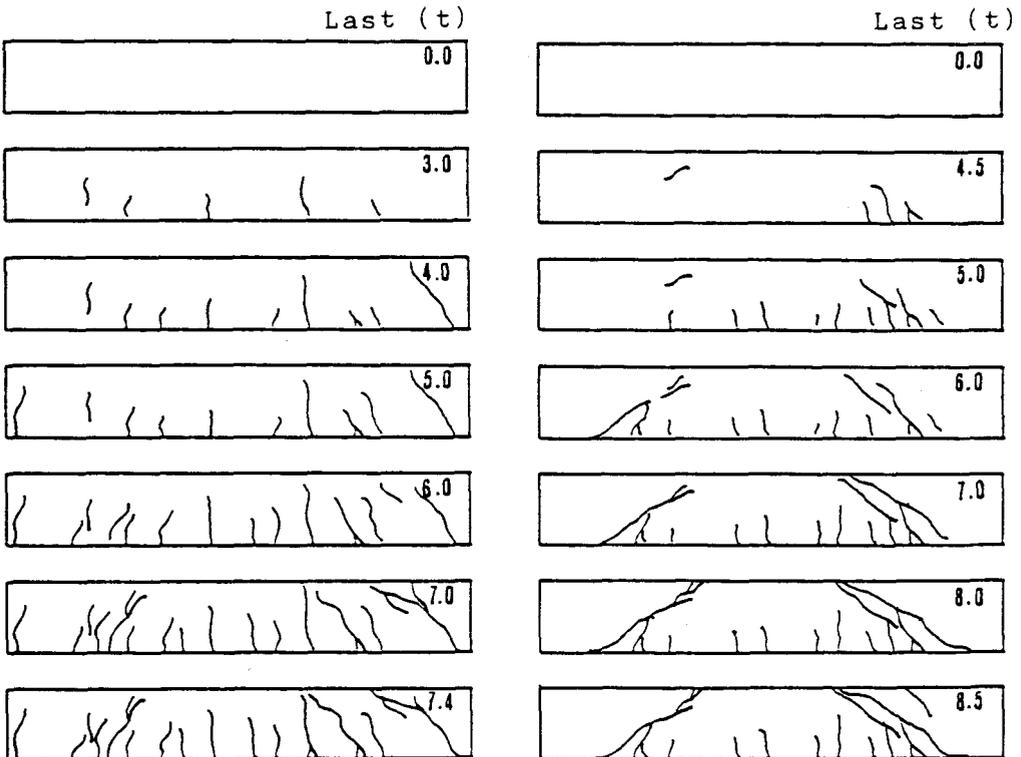
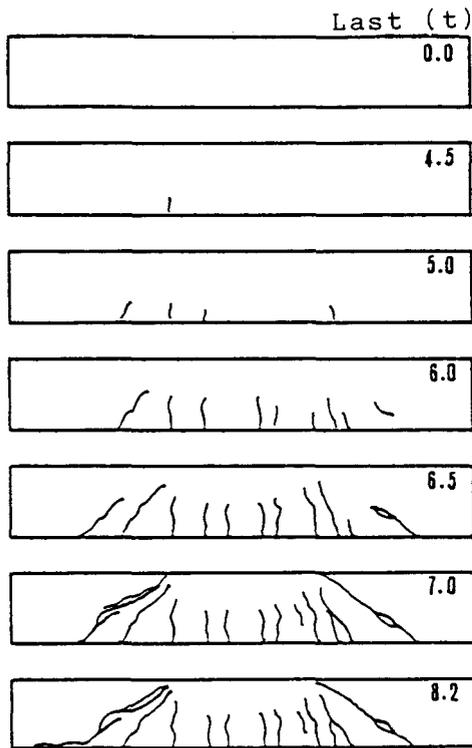


Bild7-a

Bild7-b



- 7-a  
Längszugkraft 4.0(t)  
a/b 2.5  
Abstand des Bügel 15cm
- 7-b  
Längszugkraft 2.0(t)  
a/b 2.5  
Abstand des Bügel 15cm
- 7-c  
Längszugkraft 0 (t)  
a/b 2.5  
Abstand des Bügel 15cm

Bild7-c

Bild 7. Schrägrissebilder

In Bild 8 ist eine typische Last-Dehnungs-Kurve dargestellt (SB-2). Die Schubbewehrungen der allen Versuchsmodelle erreichten den plastischen Zustand. Die Größe der Dehnung des höchstbeanspruchten Bügels durch die Längszugkraft betragen maximal etwa  $400 \times 10^6$ . Jedoch ist der Einfluß der Längszugkraft für die maximale Beanspruchung der Bügel unter kritischer Last gering. Die Bügelspannungen liegen zwar etwas höher, der Unterschied ist jedoch für die Bemessung vernachlässigbar.

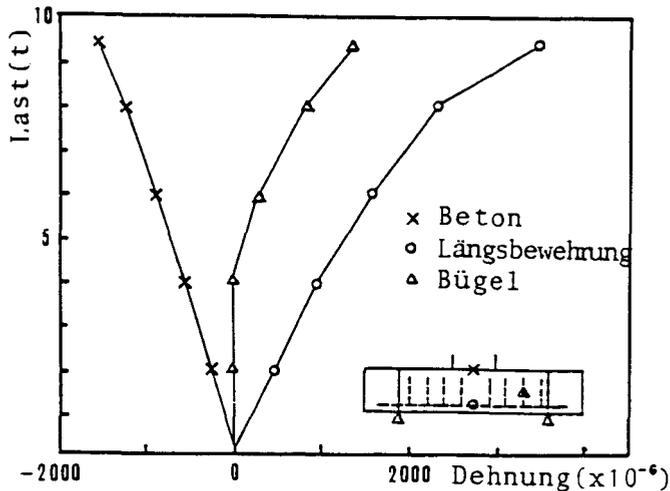


Bild 8. Lasten-Dehnungen-Diagramm

Bild 9 zeigt die Durchbiegungen der Versuchsmodelle TA-3, TB-3 und TC-3 ohne die Schubbewehrungen in Feldmitte in abhängigkeit von der Last. Die geringer Druchbiegungsanteil infolge die Längszugkraft ist nicht enthalten. Druch die Längskraft tritt ein Verlust an Biegesteifigkeit ein. Daher zeigt die Druchbiegung ein sehr schnelles Wachstum von dem Punkt der Biegeriß.

In Bild 10 sind die Druchbiegungen der Versuchsbalcken SA-1, SB-1 und SC-1 mit den Schubbewehrungen in Feldmitte in abhängigkeit von der Last. Ein Vergleich von Bild 9 und Bild 10 zeigt ähnliche Tendenzen wie oben angeführt. Trotzdem zeigt die Durchbiegung bei Versuchsmodelle mit Schubbewerung keinen erheblichen Zuwachs, da die Beeinflussung durch den Effekt der einer Steifigkeit infolge von der Schubbewerung nicht übersehen werden kann. In Bild 9 und 10 sind die Versuchsbalcken ohne Längszugkraft also verständlich.

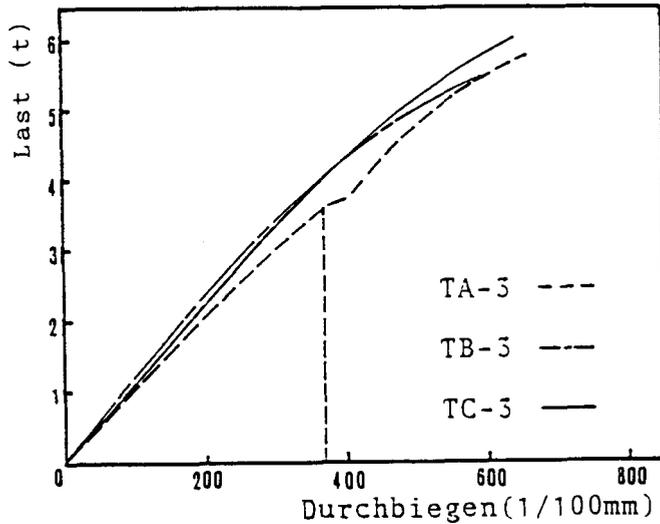


Bild 9. Durchbiegungen in Balkenmitte ohne Bügel

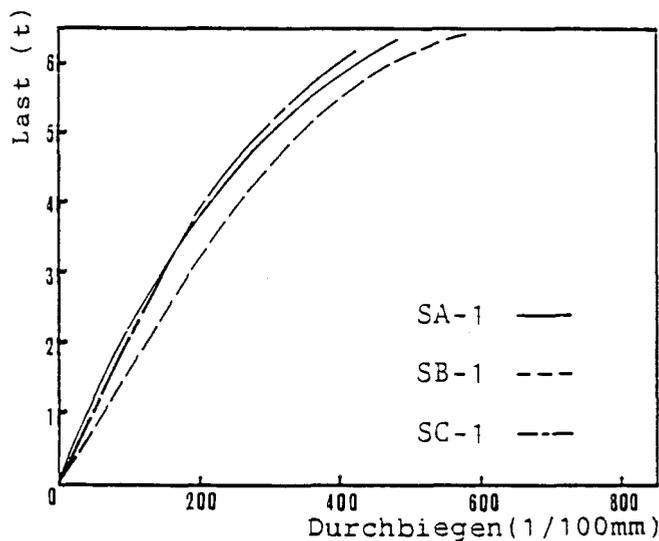


Bild 10. Durchbiegung in Balkenmitte mit Bügel

Als Ergebnisse der obigen Versuchsergebnisse kommen wir zu folgenden Schlußfolgerungen:

- a) Unter dem Balken mit Längszugkraft Schubtragfähigkeit vermindert.
- b) Bei der hohen  $a/d$ -Werte ist der Einfluß der Längszugkraft auf das Sinken der Schubtragfähigkeit von Stahlbetonbalken infolge von der Biegung klein.
- c) Infolge von dem Einfluß der Längszugkraft entsteht die steile Neigung der Schrägrisse.
- d) Bei der hohen Längszugkraft entsteht Schubdruckbruch infolge von dem Einfluß der steiler Neigung der Schrägrisse.

#### 4. Zusammenfassung

Es wurden 27 Schubtraglastversuche an verschiedenen Parameter durchgeführt. Durch Vergleich zwischen den Balken mit Längszugkraft und ohne Längszugkraft wurden die Einflüsse der Schubtraglasten untersucht. Bei verschiedene  $a/d$ -Werte wurde das Shinken der Schubtragfähigkeit von Längszugkraft durch den Einfluß der Biegung untersucht. Dann wurden die Neigung der Schrägrisse bei Längszugkraft studiert. Ferner wurden die Schubversogenarten infolge von der Neigung der Schrägrisse experimental ermittelt. Es war möglich den Einfluß der Zwangbeanspruchng durch die Behinderung der freien Temperature-und Schwinddehnungen wirklichkeitestnah in der Bemessung für Schubtraglastversuche zu erfassen.

#### Literatur

1. Mattock A.H.: Diagonal Tension Cracking in Concrete Beams with Axial Forces. Proc.of ASCE, Vol.95, No.ST9, pp1887-1960, 1969
2. Leonhardt F., Rostasy F.S., MacGregor J.G. und Patzak M.: Schubversuche an Balken und Platten bei gleichzeitigem Längszug. DAFStb, Heft 275, 1977

#### Bilder

- Bild 1 Versuchskörper
- Bild 2 Anordnungen der Bewehrungen
- Bild 3 Schubversuche
- Bild 4 Versuchseinrichtung
- Bild 5 Schublängen ( $a/d$ ) - Schubtraglasten - Diagramm
- Bild 6 Längszugkräfte - Schubtraglasten - Diagramm
- Bild 7 Schrägrissebilder
- Bild 8 Lasten - Dehnungen - Diagramm
- Bild 9 Durchbiegungen in Balkenmitte ohne Bügel
- Bild 10 Durchbiegungen in Balkenmitte mit Bügel

#### Tabellen

- Tabelle 1 Parameter und Versagensarten
- Tabelle 2 Zusammensetzung des Frischbetons

(昭和60年10月15日受付)

262	261	260	259	258	257	256	255
定	定	昭	昭	昭	昭	昭	昭
7	7	26	22	22	22	21	12
伝	伝	伝	伝	伝	伝	伝	伝
55	55	46	57	56	54	39	44

(昭和六十年十月十五日受付)

230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206
莊 16 伝 47	隱 3 経 39	昭 26 伝 49	昭 24 伝 16	昭 12 伝 44	襄 12 伝 34	昭 12 伝 44	襄 10 伝 15	成 11 伝 3	僖 24 伝 46	昭 32 伝 47	僖 22 伝 22	宣 6 伝 32	莊 19 伝 54	莊 6 経 11	定 14 経 41	昭 32 伝 47	莊 19 伝 54	昭 22 伝 52	文 5 経 31	莊 元 経 2	僖 16 伝 2	文 元 経 1	莊 32 伝 93	桓 2 伝 18
19 伝 54	3 伝 44						襄 10 伝 15			24 伝 46											28 伝 24	元 伝 2	僖 11 伝 60	桓 11 伝 61
	5 伝 61																					成 元 伝 2		

254	253	252	251	250	249	248	247	246	245	244	243	242	241	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	
昭 12 伝 44	昭 12 伝 53	襄 30 伝 31	襄 30 伝 39	襄 10 伝 15	文 14 伝 19	僖 25 伝 62	僖 24 伝 56	僖 24 伝 56	僖 24 伝 52	僖 24 伝 46	莊 19 伝 54	莊 19 伝 54	莊 16 伝 47	桓 8 経 52	桓 5 経 33	桓 4 経 32	隱 9 経 84	隱 元 経 14	襄 4 伝 25	昭 15 伝 39	僖 22 伝 21	桓 18 伝 87	22 29 哀 3 伝 25	
														15 経 76	5 伝 37	4 伝 32					昭 15 伝 39		17 伝 61	
																							18 伝 1	23 伝 9
																							24 伝 13	定 元 伝 5
																								4 伝

182	181	180	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166	165	164	163	162	161	160	159	
桓 10 伝 60	定 6 伝 52 53	襄 30 伝 30 31	注 83 参照	定 7 伝 54 55	伝 50 定 4 経 18 19	昭 22 経 48	昭 26 伝 46	昭 23 伝 6	昭 12 伝 43	昭 12 伝 44	襄 30 伝 31	成 11 伝 3	注 78 参照	昭 24 伝 13	昭 9 伝 11 15	昭 12 伝 43	襄 30 伝 31	昭 12 伝 43	昭 12 伝 43	昭 12 伝 43	文 16 伝 40	注 71 参照	襄 5 伝 30	文 3 伝 27
荘 19 伝 54	7 伝 54			8 伝 3	4 伝 20 29	22 伝 51 52 53 54 56		13 経 1	13 伝 17		15 経 62	襄 14 伝 60			22 伝 55	昭 12 伝 43	24 伝 13					10 伝 15 16	14 伝 17	宣 7 伝 35
				哀 3 伝 25	23 伝 6 9			22 伝 51 52			15 伝 63	昭 元 伝 17 18											15 伝 42	16 伝 50
					24 伝 13	26 伝 47 52																		
					32																			

205	204	203	202	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187	186	185	184	183	
荘 19 伝 54	隠 11 伝 98	昭 23 伝 7	昭 22 伝 55	昭 12 伝 43	昭 12 伝 43	昭 22 伝 51 52	昭 9 伝 15	昭 22 伝 55	襄 30 伝 31	昭 23 伝 13	昭 23 伝 6 9	章 昭 解 に 「南宮、南宮适」とある。	尹、重之以周・邵・畢・榮、億寧百神、而柔和万民」とあり、	『国語』晋語四に「度於闕天而謀南宮、諏於蔡・原而訪於辛・	昭 23 経 2	定 7 伝 54	昭 30 伝 31	成 16 経 33	僖 28 伝 24	隠 5 伝 61	昭 22 伝 54	荘 29 伝 88	昭 9 伝 11
傳 10 経 56	成 11 伝 4							定 元 伝 12 14	26 伝 48						23 伝 6	26 経 42	16 伝 51	17 経 56	文 14 伝 19	23 伝 6	30 伝 89		
10 伝 56								定 2 伝 14							26 伝 48	26 伝 48	17 伝 58						
文 10 経 62														29 伝 24									

134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	
成 13 伝 11 19	注 17 参照	昭 29 伝 24	定 元 伝 3	昭 18 伝 6	昭 12 伝 43	昭 12 伝 43	宣 16 伝 51	僖 24 伝 54	莊 18 伝 51	注 24 参照	成 11 伝 3	僖 30 経 41	僖 5 伝 28	莊 16 伝 48	隠 6 伝 71	薛 (妊姓) の娘。哀 29 伝 49	注 16 参照	昭 24 伝 13	昭 22 伝 54	宣 15 伝 42	宣 15 経 36	宣 6 伝 33	宣 6 伝 33	文 5 経 33	僖 11 伝 60
			29 伝 24				25 伝 64	21 伝 58			12 経 5	30 伝 46	9 経 46	僖 10 伝 57	桓 18 伝 87	88		26 経 42	23 伝 7	成 8 経 58	15 伝 42	成 8 伝 63	5 伝 33		
											12 伝 5	文 14 伝 17	9 伝 48	24 伝 54				26 伝 48	29 伝 24						
																			定 9 伝 14						

158	157	156	155	154	153	152	151	150	69	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135
注 68 参照	哀 13 伝 83	定 7 伝 54	昭 22 経 48	昭 7 伝 69	襄 30 伝 31	襄 10 伝 17	襄 30 伝 30	襄 3 経 8		成 元 伝 2	文 14 経 17	莊 元 経 1	莊 23 経 65	桓 8 経 53	隠 元 経 14	昭 12 伝 52	注 42 参照	昭 18 伝 1	昭 18 伝 1	文 元 経 1	僖 24 伝 54	注 20 参照	定 8 伝 7	昭 7 伝 67
	16 伝 23	8 伝 3	22 伝 51	11 伝 32	昭 7 伝 69	15 伝 63	3 伝 12		2 伝 32	14 伝 21	14 経 38		8 伝 56				26 経 42		9 経 58					
			52 54 56	33 34				昭 7 伝 69	11 伝 4		14 伝 39							26 伝 48		9 伝 59				
			23 伝 6						16 伝 56											宣 15 経 36				
			26 伝 46						17 経 56												15 伝 42			
			52						17 伝 58															
									昭 7 伝															

89	88		87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75		74	73	72		71	
襄 30 経 25	襄 30 経 25	卒不立」とある。	『国語』周語下に「靈王二十二年、穀・洛闕將毀王宮、王欲壅之、太子晋諫曰、……」とあり、韋昭解に「晋靈王太子也、早	襄 30 伝 31	齐国(姜姓)の靈公の娘。襄12伝33 15経62	襄12伝33 26伝51 28経47 28伝60 29伝5 30伝30 昭22伝	襄30伝30	襄元経2 2経4	齐国(姜姓)の恵公の娘。宣6伝33	宣3伝19 6伝32 16伝50 昭26伝51	宣2経6 3経17	宣10経44 10伝47 15伝44 成元経2 11伝3 4 13伝11	宣15経36 15伝42	文10伝64 14伝17	僖33伝58 宣3伝19	昭15伝38 26伝51	27伝6 文8経55 8伝56 57 9経58 成11伝4 襄8伝48	僖5経28 5伝27 7伝43 8伝44 11伝60 24経39 24伝46	狄の娘。僖24伝53	宋国(子姓)の襄公の夫人となる。文8伝57 16伝35 38	26伝51	僖7伝48 11伝61 12伝63 22伝22 24伝53 54 56 25伝61 昭
109	108	107	106	105		104		103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	
僖24伝49	莊27伝77	僖4伝13 襄14伝50 昭2伝43	昭22伝57 23伝9 哀19伝42	昭22経48 49 22伝54 57	伝25 21伝48)の用例もあり。	昭12伝43 15伝36 26伝53 昭公二十二年伝に「戊辰、劉子摯卒、無子、单子立劉盩」とあり、又「劉猷公之庶子伯盩事单穆公」とあれば、劉猷公の太子であるとする杜預説には疑問あり。	48 定5伝41 23経2 23伝6 24伝13 14 15 16 26経42 26伝	昭22伝51 53 54	昭22伝54	昭22伝55	昭29伝24	昭22伝54	昭22伝54	昭22伝54	昭22伝54	昭22伝54	昭22伝54	昭22伝54	昭12伝44	昭15伝36 26伝53	襄30経25 昭元伝17 11伝29 22経48 22伝52 53 26伝52	

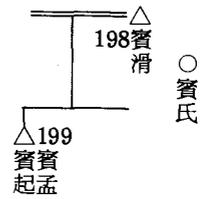
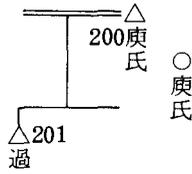
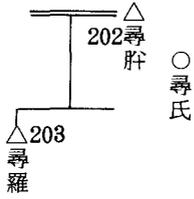
- 40 偃 24 伝 49
- 41 偃 24 伝 49
- 42 偃 24 伝 49
- 43 昭 4 伝 10 12 伝 49 26 伝 49
- 44 偃 4 伝 15
- 45 房国（郝姓）の娘。「国語」周語上に「昔昭王娶於房、曰房后、実有爽徳、協於丹朱、丹朱憑身以儀之、生穆王焉」とあり、韋昭解に「昭王周成王之孫、康王之子昭公瑕也、房国名」とある。
- 46 昭 4 伝 10 12 伝 52
- 47 『国語』魯語下に「周恭王能庇昭・穆之闕而為恭」とあり、韋昭解に「恭王周昭王之孫、穆王之子」とある。
- 48 昭 26 伝 50
- 49 宣 12 伝 3 昭 26 伝 50
- 50 隠 8 伝 77 莊 14 伝 41 昭 16 伝 47
- 51 宣 12 伝 3 昭 26 伝 50
- 52 褒国（姒姓）の娘。昭元伝 14 『国語』晋語一に「周幽王伐有褒、褒人以褒姒女焉、褒姒有寵、生伯服、於是乎与虢石甫比、逐太子宜臼、而立伯服、太子出奔申、申人・鄆人召西戎以伐周、周於是乎亡」とあり、韋昭解に「有褒姒姓之国、幽王伐之、褒人以美人入、謂之褒姒、是為幽后、伯服攜王也」とある。『毛詩』小雅・節南山之什・正月の「赫赫宗周、褒姒威之」の毛伝に「褒国也、姒姓也、威滅也、有褒国之女、幽王惑焉、而以為后、詩人知其必滅周也」とある。
- 53 昭 4 伝 12 26 伝 50
- 54 申国（姜姓）の娘。注 52 参照。『国語』晋語一の韋昭解に「宜
- 55 偃 24 伝 46 昭 26 伝 51
- 56 偃 22 伝 21 襄 10 伝 15 25 伝 45 昭 26 伝 51
- 57 隠 3 伝 42
- 58 隠 6 伝 71 11 伝 99 桓 8 経 52 15 経 76 莊 3 経 4 3 伝 5 襄 25 伝 45
- 59 紀国（姜姓）の娘。桓 8 経 53 8 伝 56 9 経 56 9 伝 57
- 60 桓 18 伝 87 88
- 61 莊王の妾、姚姓の娘。莊 19 伝 54
- 62 桓 18 伝 87 莊 19 伝 54
- 63 莊 19 伝 54 55 20 伝 56 21 伝 58 27 伝 77 昭 26 伝 51
- 64 莊 16 伝 47
- 65 齊国（姜姓）の襄公の夫人となる。莊元経 1 2 2 経 3
- 66 齊国（姜姓）の桓公の夫人となる。莊 11 経 30 33 偃 17 伝 5
- 67 偃 10 伝 57
- 68 偃 28 伝 24 26 29 伝 38 文 3 経 23 3 伝 24
- 69 陳国（媯姓）の娘。莊 18 伝 51 偃 24 伝 53
- 70 莊 16 伝 48 19 伝 54 32 伝 93 偃 7 伝 43 8 経 43 24 伝 46 52 昭 26 伝 51

曰、申后之子平王也」「申姜姓之国、平王之母家也」とある。

「鄭語」に「褒人褒姒有獄、而以為入於王、王遂置之、而嬖是女也、使至於為后而生伯服、天之生此久矣、其為毒也大矣、將使候淫徳而加之焉、毒酋腊者、其殺也滋速、申・繪・西戎方疆、王室方騷、將以縱欲、不亦難乎、王欲殺太子以成伯服、必求之申、申人弗畀、必伐之」とあり、韋昭解に「申姜姓、幽王前后太子宜臼之舅也」とある。

17	傳 24 伝 47	22 伝 27	昭元 伝 22	傳 24 伝 47	傳 24 伝 47	傳 24 伝 47	齊国(姜姓)の太公の娘。昭元 伝 29	9 伝 12	傳 24 伝 48	宣 12 伝 24	襄 28 伝 62	昭元 伝 29	4 伝 10	7 伝 55	72	11	『国語』周語中の韋昭解に「大姒文王之妃、武王之母也」とある。	26 伝 54	28 伝 19	定 4 伝 26	哀 2 伝 18	7 伝 54	9 伝 12	15 伝 38	10	傳 24 伝 47	32 伝 55	宣 11 伝 52	15 伝 44	襄 4 伝 15	29 伝 15	30	9	傳 5 伝 30	8	傳 5 伝 30	7	『国語』周語中の韋昭解に「大妊王季之妃、文王之母也」とある。	6	傳 5 伝 30	5	傳 5 伝 29	哀 7 伝 44	4	閔元 伝 5	傳 5 伝 29	哀 7 伝 44	3	『国語』周語中・周語下の韋昭解に「大姜太王之妃、王季之母也」	2	傳 5 伝 29	1	昭 9 伝 11	29 伝 32							
39	傳 24 伝 49	傳 24 伝 49	傳 24 伝 49	昭 12 伝 49	傳 24 伝 48	傳 24 伝 48	傳 24 伝 48	傳 24 伝 48	傳 31 伝 51	昭元 伝 30	4 伝 10	15 伝 38	26 伝 49	32 伝 48	3 伝 51	15 伝	31	傳 15 伝 90	23 伝 37	24 伝 48	28 伝 36	昭元 伝 29	3 伝 51	15 伝	30	襄 25 伝 43	44	昭 3 伝 53	28 伝 36	哀 7 伝 48	27	傳 24 伝 47	26	傳 24 伝 47	25	傳 24 伝 47	24	傳 24 伝 47	23	傳 24 伝 47	22	傳 24 伝 47	21	傳 24 伝 47	定 4 伝 25	27	20	傳 24 伝 47	27	6 伝 50	哀 2 伝 18	19	傳 24 伝 47	31 伝 51	襄 29 伝 11	昭 7 伝 70	8 伝 6	定 4 伝 22	24	18	傳 24 伝 47

- |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| △258 | △257 | △256 | △255 | △254 | △253 | △252 | △251 | △250 | △249 |
| 司徒醜  | 摯荒   | 冷州鳩  | 老陽子  | 宮嬖綽  | 折招   | 廖    | 大史   | 史狡   | 聃啓   |
|      |      |      |      |      |      | △262 | △261 | △260 | △259 |
|      |      |      |      |      |      | 公族党氏 | 慶氏   | 王城   | 子旅氏  |



△212 米 錡 氏  
 △211 米 叔  
 △210 米 叔  
 ○ 米 氏

△209 内 史 叔 興 父  
 △208 内 史 叔 服  
 △207 内 史 過  
 △206 内 史  
 ○ 内 史 氏

△205 蘇 温 子  
 △204 蘇 忿 生  
 ○ 蘇 氏

△220 富 辛  
 △219 富 辰  
 ○ 富 氏

△218 子 服  
 △217 子 禽  
 △216 子 突  
 ○ 子 氏

△215 石 尚  
 △214 石 張  
 △213 石 膳 夫  
 ○ 石 氏

△228 陰 忌  
 △227 陰 不 佞  
 △226 陰 忌  
 △225 陰 里  
 ○ 陰 氏

△224 瑕 辛  
 △223 瑕 禽  
 ○ 瑕 氏

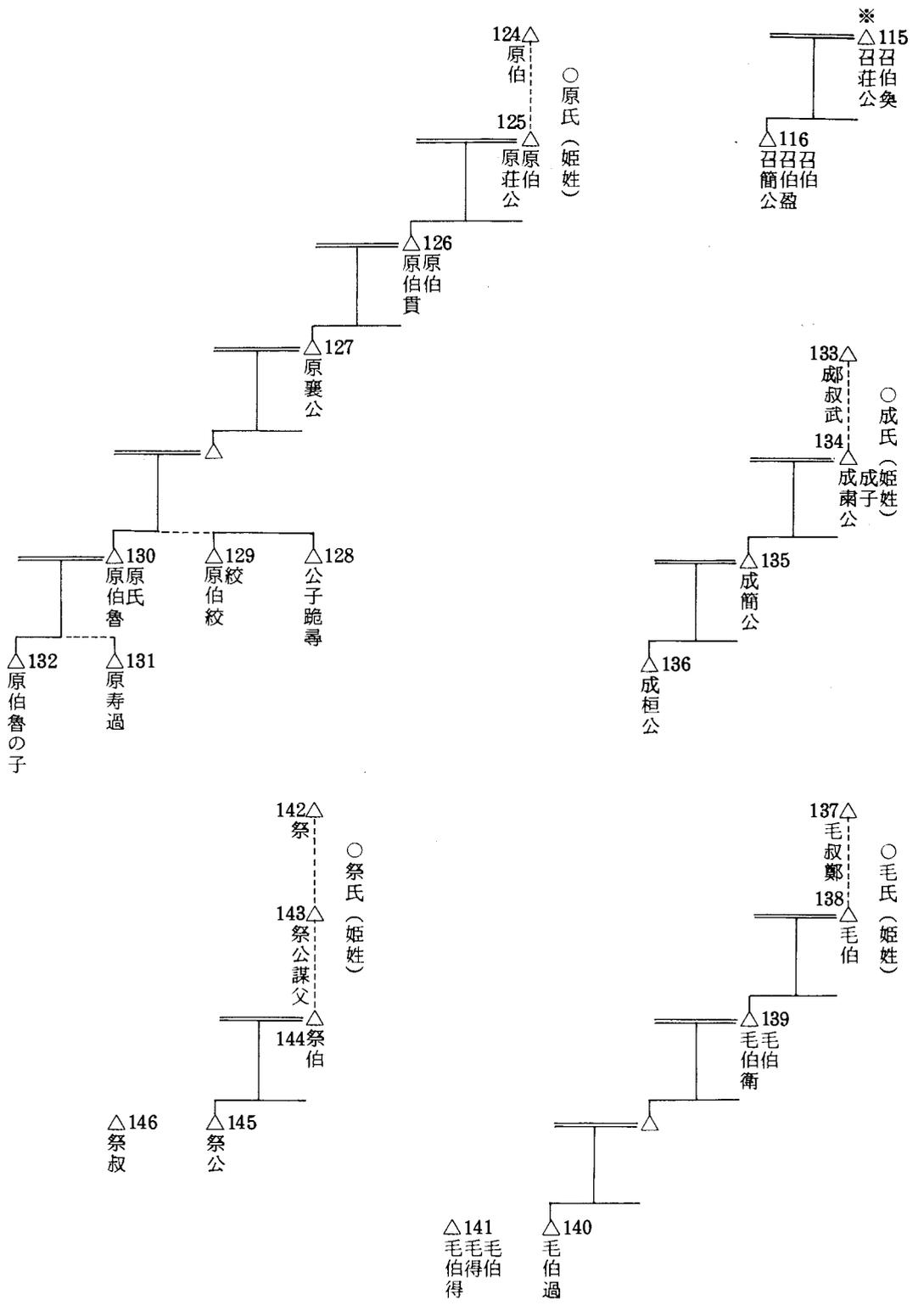
△222 伯 與  
 △221 伯 服  
 ○ 伯 氏

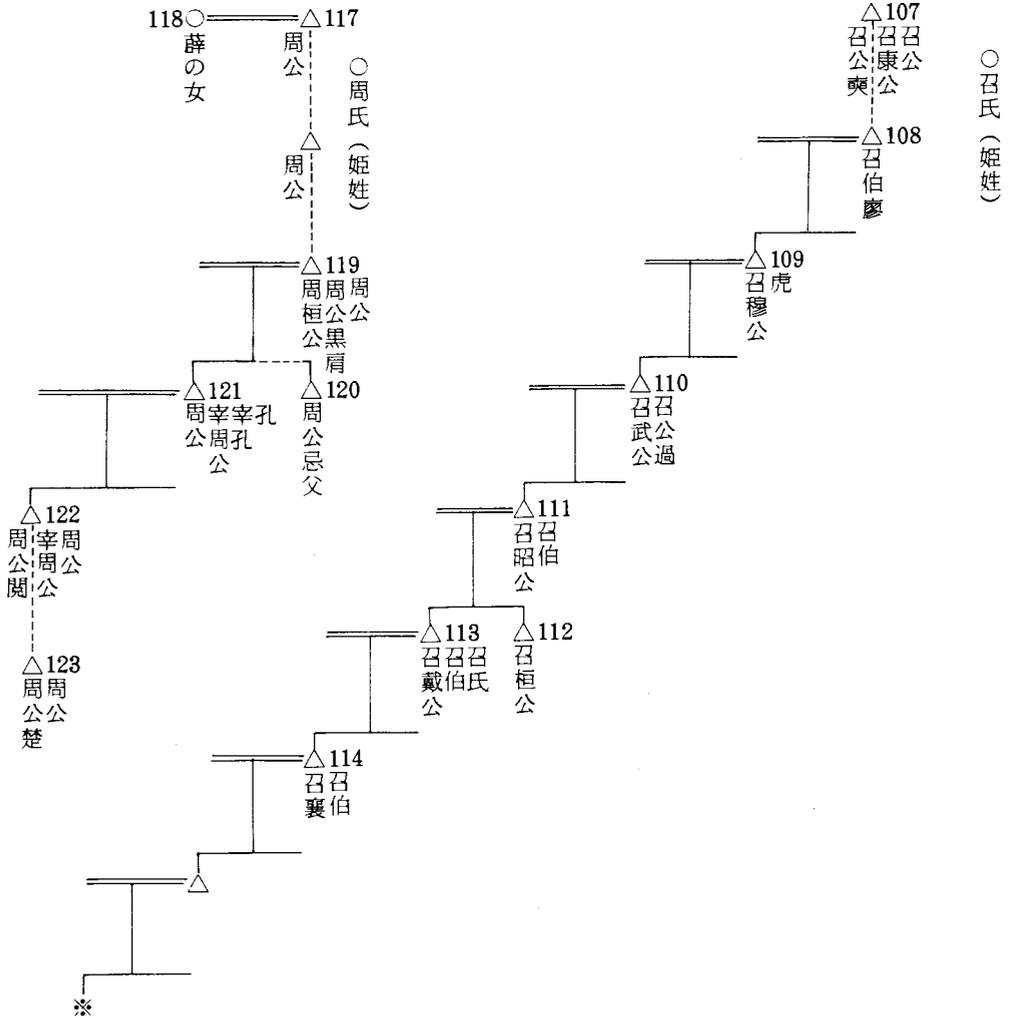
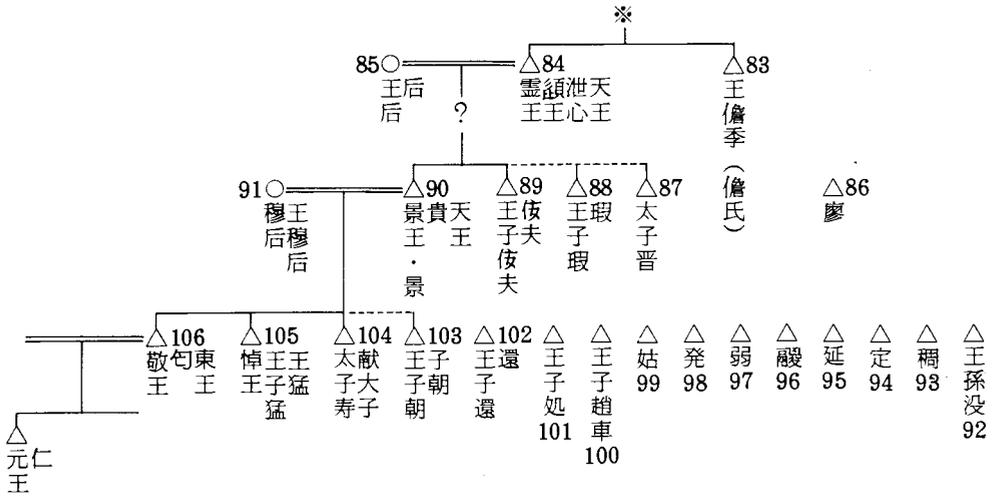
△238 渠 伯 糾  
 △237 南 季  
 △236 幸 咍  
 △235 辛 甲  
 △234 (晋 国 の 董 氏 の 祖)  
 △233 辛 有  
 △232 辛 伯  
 △231 莨 弘 叔  
 △230 蔦 子 国  
 △229 武 氏 子

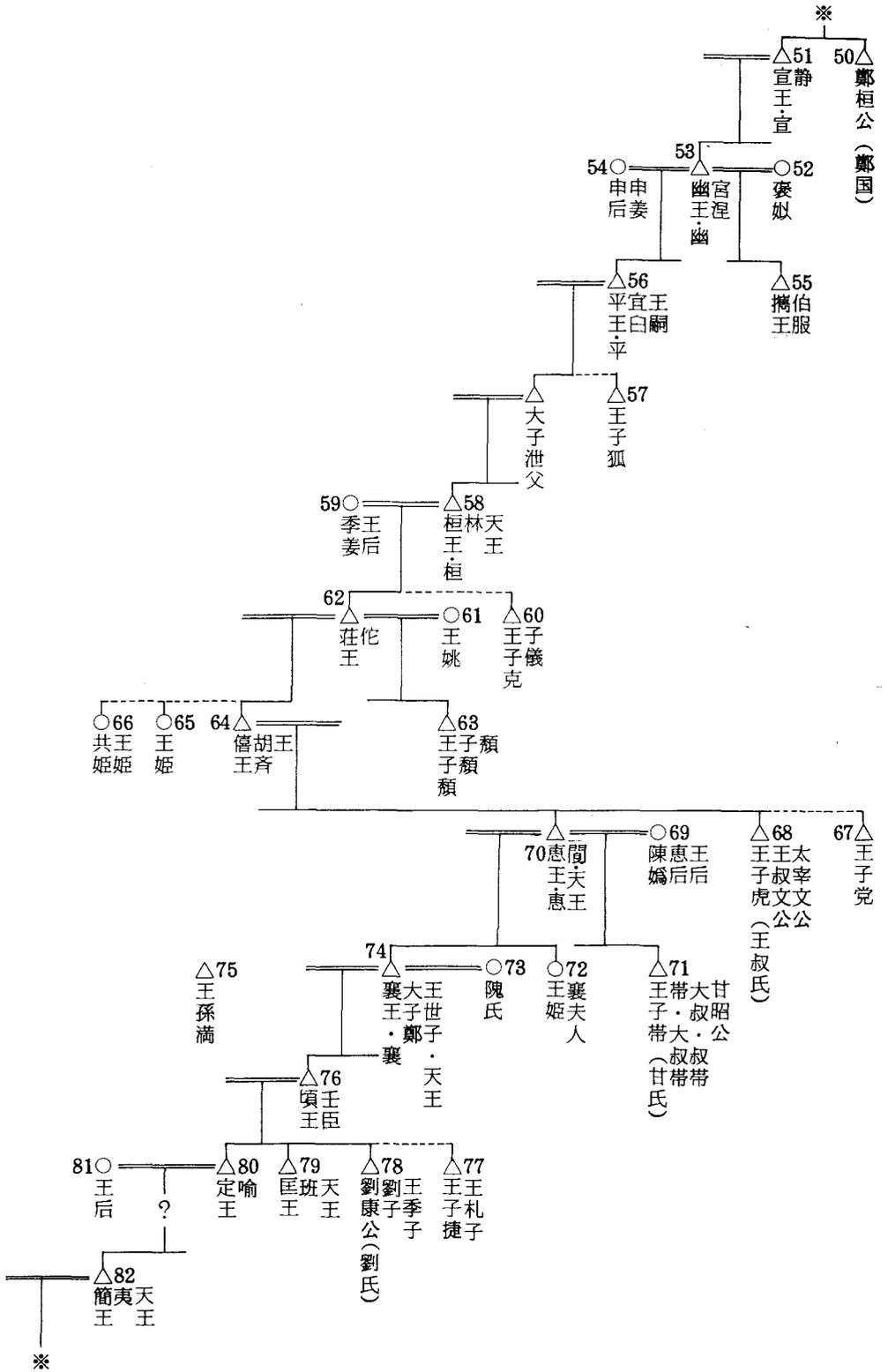
△248 倉 葛  
 △247 左 駟 父  
 △246 簡 師 父  
 △245 頽 叔 桃 子  
 △244 游 孫 伯  
 △243 祝 跪  
 △242 辺 伯  
 △241 夷 詭 諸  
 △240 家 父  
 △239 仍 叔 之 子

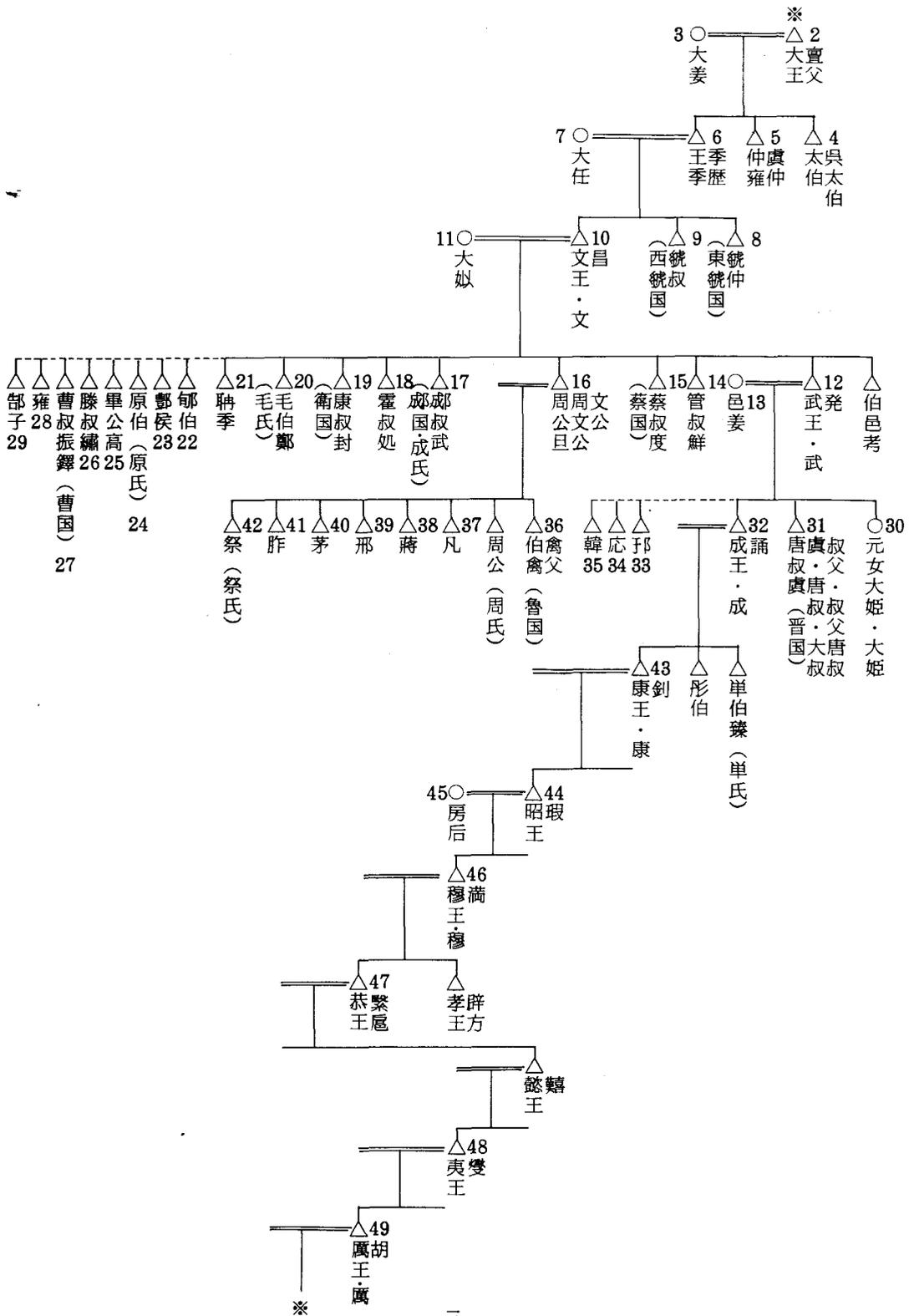




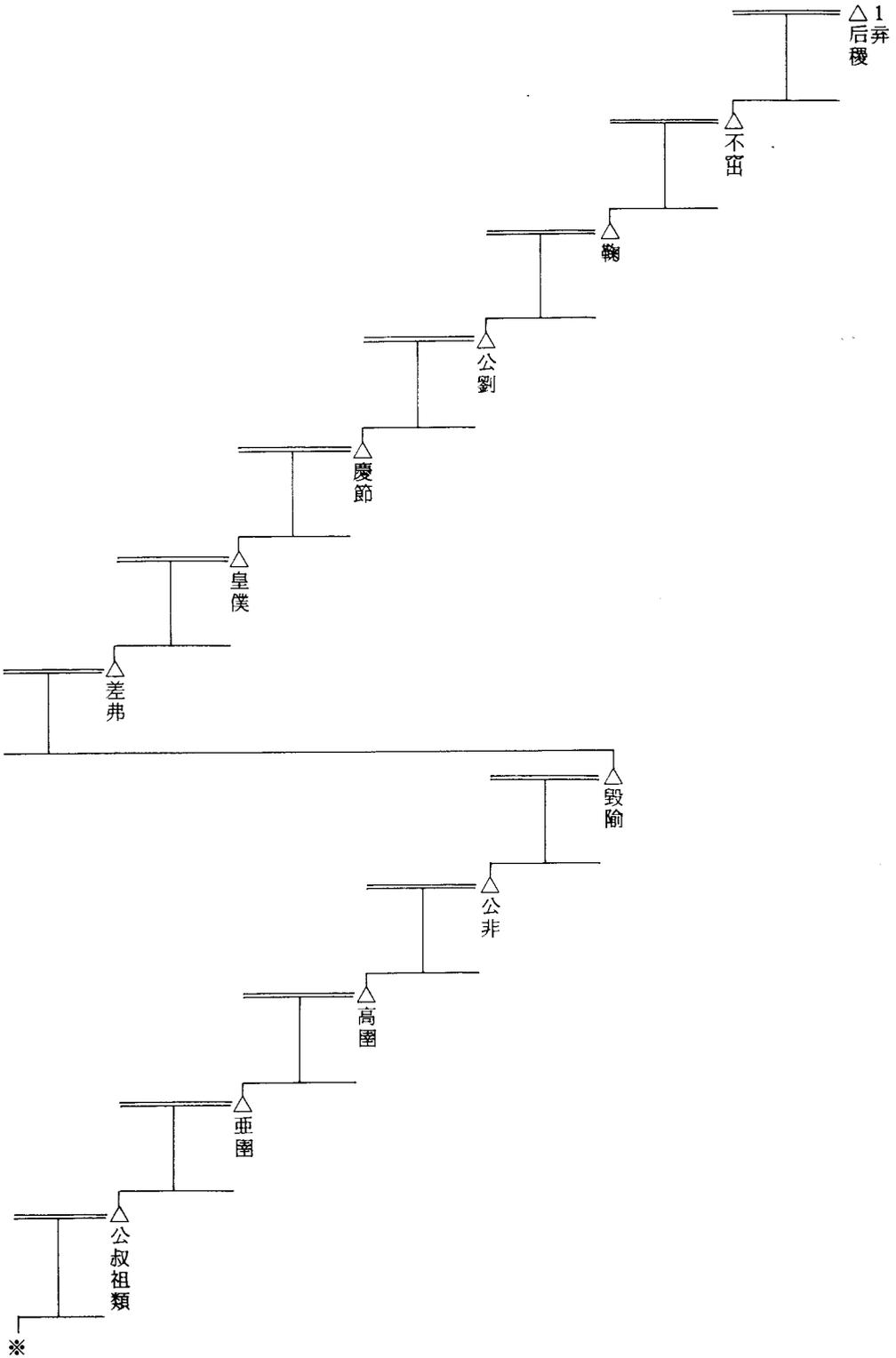








周 ○周王室（姬姓）



中国古代親族組織図——周王室——

(国語) 榎本 紘二

The Diagram of the Ancient Chinese Kinship System

Hiroji MASUMOTO

凡 例

○この組織図は「左伝」を中心にして作成したものであるが、大部分については常茂徠撰『増訂春秋世族源流圖考』に依拠した。

『増訂春秋世族源流圖考』中には、「左伝」以外、春秋時代以外の人物も含んでいるが、「左伝」中に見える人物については、組織図中の人物に番号を付してその出典を後にまとめて注記した。(昭19 伝11 14——漢文大系本『左氏会箋』、昭公19年伝の11頁と14頁に見えることを示す)

○周王室、各国別とし、王侯組織図に続けて卿大夫の氏組織図を示し、何れの氏に属するか不明の人物については終わりにまとめて示した。

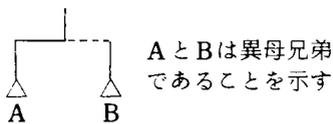
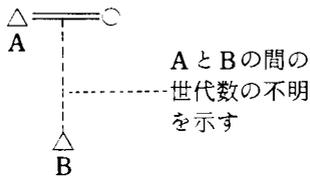
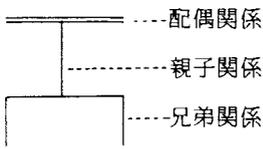
○所属の氏は明らかであって、氏内での統柄の不明の人物について

は、組織図中のほぼ同世代者と思われる位置に置いた。

○人物の下の( )中に示された氏は、別に氏組織図のあることを示す。

○組織図中には次のような記号を使用した。

- △ 男性
- 女性



〔注〕庶如嫡

〔傳〕兩政

〔注〕臣擅命

〔傳〕耦國

〔注〕都如國

〔傳〕亂之本也、周公弗從、故及

〔注〕及於難也

(未完)

(昭和六十年十月十五日受付)

〔注〕 不書非卿

〔傳〕 秋、齊侯師于首止

〔注〕 陳師首止、討鄭弑君也、首止衛地、陳留襄邑縣東南有首鄉

〔傳〕 子驪會之、高渠彌相

〔注〕 不知齊欲討己

〔傳〕 七月戊戌、齊人殺子驪、而轅高渠彌

〔注〕 車裂曰轅

〔疏〕 注車裂曰轅

正義に曰はく、襄（公）二十二年傳に稱す、「觀起を四竟に轅くわんきにす」と、又曰はく、「觀起車裂せられたり」と。是れ其の事なり。  
②『周禮』條狼氏に「僕右に誓ふに殺と曰ひ、馭に誓ふに車轅と曰ふ」と。然らば則ち周法に此の刑有るなり。

① 襄（公）二十二年傳 襄公二十二年伝に「王遂殺子南於朝、轅觀起於四竟」「昔觀起有寵於子南、子南得罪、觀起車裂」とある。

② 『周禮』『周礼』秋官・條狼氏に「凡誓、執鞭以趨於

前且命之、誓僕右曰殺、誓馭曰車轅」とある。

〔傳〕 祭仲逆鄭子于陳、而立之

〔注〕 鄭子昭公弟子儀也

〔傳〕 是行也、祭仲知之、故稱疾不往、人曰、祭仲以知免、仲曰、

信也

〔注〕 時人譏祭仲失忠臣之節、仲以子驪爲渠彌所立、本既不正、又不能固位安民、宜其見除、故即而然譏者之言、以明本意

〔傳〕 周公欲弑莊王而立王子克

〔注〕 莊王桓王太子、王子克爲王弟子儀

〔傳〕 辛伯告王、遂與王殺周公黑肩、王子克奔燕

〔注〕 辛伯周大夫

〔傳〕 初子儀有寵於桓王、桓王屬諸周公、辛伯諫曰、並后

〔注〕 妾如后

〔傳〕 匹嫡

- ① 沈氏 沈文阿『春秋左氏経伝義略』 本疏引。
- ② 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。
- ③ 『釋宮』 『爾雅』釈宮に「宮謂之室、室謂之宮、闔戸之間謂之扂、其内謂之家」とある。

と。何休云ふ、「扂とは、折るとききの聲なり」と。③「齊世家」に云ふ、「襄公、力士の彭生をして抱きて魯の君を車に上らしめ、因りて魯の桓公を摺殺す。車より下れば則ち死せり」と。摺・摺は音義同じきなり。

〔傳〕公會齊侯于濼、遂及文姜如齊、齊侯通焉、公誦之

〔注〕誦謹也

〔傳〕以告

〔注〕夫人告齊侯

〔傳〕夏、四月丙子、享公

〔注〕齊侯爲公設享燕之禮

〔傳〕使公子彭生乘公、公薨于車

〔注〕上車曰乘、彭生多力、拉公幹而殺之

〔疏〕注上車（殺之

正義に曰はく、莊（公）元年『公羊傳』に曰はく、「夫人、公を齊侯に譖る。齊侯怒る。之と酒を飲む。其の出づるに於いて、公子彭生をして之を送らしめ、其乘に於いて幹を擗きて之を殺す」

① 莊（公）元年『公羊傳』 『公羊伝』莊公元年に「夫人

譖公於齊侯、公曰、同非吾子、齊侯之子也、齊侯怒、与之飲酒、於其出焉、使公子彭生送之、於其乘焉、擗幹而殺之」とあり、何休解詁に「擗折声也、扶上車、以手擗折其幹」とある。

② 何休 注①参照。

③ 「齊世家」 『史記』齊太公世家の襄公四年の項に「四年、魯桓公与夫人如齊、齊襄公故嘗私通魯夫人、魯夫人者、襄公女弟也、自釐公時、嫁爲魯桓公婦、及桓公来、而襄公復通焉、魯桓公知之、怒夫人、夫人以告齊襄公、齊襄公与魯君飲、醉之、使力士彭生抱上魯君車、因拉殺魯桓公、桓公下車則死矣、魯人以為譏、而襄公殺彭生以謝魯」とある。

〔傳〕魯人告于齊曰、寡君畏君之威、不敢寧居、來脩舊好、禮成而不反、無所歸咎、惡於諸侯、請以彭生除之

〔注〕除恥辱之惡也

〔傳〕齊人殺彭生

なり」と。夫人驕伉して及ぶべからざるが故に、舎てて數へざるを言ふなり。杜（預）に明解無し。（本年）「傳」に申縞の言を載せ、公の男女相瀆すを譏る。蓋し相褻瀆するの故を以て、果たして大禍を致す。時史、其の男女に別無きを譏るが故に、「及」を書せざるなり。

〔疏〕注公本、曰遂

正義に曰はく、「傳」の文に據りて、其の會に嚮かふの時に即ち夫人と俱に行き、溧水の上に至るを知る。「及夫人會——夫人与會す」と言はざるは、夫人は公に従ひて行くのみ。其の會の時に夫人は與らず、既に會して乃ち相隨ひて嚮かふ。故に「如齊——齊に如く」の上から始めて「夫人」を書す。公は自ら會に因りて行くが故に、「遂——遂に」を言ふのみ。

① 僖（公）十一年 僖公十一年経に「夏、公及夫人姜氏會齊侯于陽穀」とある。

② 『公羊傳』 『公羊伝』桓公十八年に「公何以不言及夫人、夫人外也」とある。

③ 『穀梁傳』 『穀梁伝』桓公十八年に「溧之會、不言及夫人、何也、以夫人之伉、弗称数也」とある。

〔經〕夏、四月丙子、公薨于齊

〔注〕不言戕、諱之也、戕例在宣十八年

① 宣公十八年伝に「凡自内虐其君曰弑、自外曰戕」とある。

〔經〕丁酉、公之喪至自齊

〔注〕無傳、告廟也、丁酉五月一日、有日而無月

〔經〕秋、七月、冬、十有二月己丑、葬我君桓公

〔注〕無傳、九月乃葬、緩慢也

〔傳〕十八年、春、公將有行、遂與姜氏如齊

〔注〕始議行事

〔傳〕申縞曰、女有家、男有室、無相瀆也、謂之有禮、易此必敗

〔注〕女安夫之家、夫安妻之室、違此則爲瀆、今公將姜氏如齊、故知其當致禍亂

〔疏〕女有家男有室

正義に曰はく、沈氏云ふ、「卿大夫は家を稱す。家とは、内外の大名。戸内を室と曰ふ。但男子は一家の主にして、職は内外を主る。故に家と曰ふ。婦人は閨内の事を主る。故に室と爲すなり」と。劉炫云ふ、「『釋宮』に『宮、之を室と謂ふ。其の内、之を家と謂ふ』と云へば、則ち家と室とは義に以て異なること無し。男女の別を見さんと欲するが故に、室を以て之を屬す。其の實、室と家は同じきなり」と。

〔注〕公子達魯大夫

〔疏〕君子、惡矣

正義に曰はく、君を弑する者は、人臣の極惡なり。昭公、其の人を惡み、其の人果たして大惡を行ふ。是れ昭公惡む所を知れり。昭公の之を惡むこと妄りならざるを言ふなり。韓子以爲へらく、君子惡む所を知ると言ふは、其の之を知ることの明多きに非らずして、其の心の斷ぜざるを嫌ふなり。之を知ること其の若き明らかなるに、而も早誅の如くせず、以て死に及びしを曰ふ、故に惡む所を知ると言ふは、以て其の權無きを見すなり。昭公其の惡みを知りて其の誅を行ふこと能はず、渠彌をして憎しみを含み死を懼れて以て徵幸せしむることを致す。故に昭公は弑を免れず、人君を戒めて斷を彊せしむるなり、と。

〔疏〕注公子達魯大夫

正義に曰はく、鄭人に非ざるを知るは、若し是れ鄭人なれば、當に「君子」の前に在りて之を言ふべし。「傳」先づ君子の議を載せ、後に（公）子達の言を陳ぬ。是れ（公子）達は其の言を聞きて之を評するを言ふ。臧文仲の六・蓼の滅ぶるを聞くと、其の事相類す。故に是れ魯人なるを知るなり。

① 韓子 『韓非子』難四に「君子之孝知所惡、非甚之也、

曰知之若是其明也、而不行誅焉、以及於死、故曰知所惡、以具其無權也、人君非独不足於見難而已、或不足於斷制、今昭公見惡、稽罪而不誅、使渠彌含憎懼死以徵幸、故不免於殺、是昭公之報惡不甚也」とある。

② 臧文仲 文公五年伝に「六人叛楚即東夷、秋、楚成大心

・仲歸帥師滅六、冬、楚公子變滅蓼、臧文仲聞六与蓼滅曰、臯陶・庭堅、不祀忽諸、德之不建、民之無援、哀哉」とある。

〔傳〕高伯其爲戮乎、復惡已甚矣

〔注〕復重也、本爲昭公所惡、而復弑君、重爲惡也

〔經〕十有八年、春、王正月、公會齊侯于濼

〔注〕濼水在濟南縣城縣西北、入濟

〔經〕公與夫人姜氏遂如齊

〔注〕公本與夫人俱行、至濼、公與齊侯行會禮、故先書會濼、既會而相隨至齊、故曰遂

〔疏〕公與、如齊

正義に曰はく、僖（公）十一年に「公、夫人と齊侯に陽穀に會す」と。彼に「及」を言ひて此に「及」を言はざるは、②「公羊傳」に曰はく、「何を以てか『及夫人——夫人と』と言はず。夫人は外なればなり」と。夫人は齊侯に淫して公を疎外するを言ふが故に、「及」を言はざるなり。③『穀梁傳』に曰はく、「『及夫人——夫人と』と言はざるは何ぞ。夫人の伉るを以て稱數へざる

〔注〕 桓侯無子、故召季而立之、季内得國人之望、外者諸侯之助、故書字以善得衆、稱歸以明外納

〔傳〕 秋、蔡季自陳歸于蔡、蔡人嘉之也

〔注〕 嘉之、故以字告

〔傳〕 伐邾、宋志也

〔注〕 邾・宋爭疆、魯從宋志、背雒之盟

〔傳〕 冬、十月朔、日有食之、不書日、官失之也、天子有日官、諸侯有日御

〔注〕 日官・日御典歷數者<sup>①</sup>

〔疏〕 注日官、歷數

正義に曰はく、<sup>②</sup>『周禮』に「大史、歳年を正して以て事を序し、告朔を邦國に頒かつを掌る」と。然らば則ち（杜預注の）「天子の歴を掌る者」とは、「大史」を謂ふなり。大史は下大夫にして卿に非ざるが故に、六卿の數に在らず。（本年）「傳」に「卿に居り」と言ふは、則ち是れ之を尊ぶこと卿の若し。故に卿に非ずして位は卿に従ふを知る。故に（本年傳に）「卿に居り」と言ふなり。（杜預注の）「歴數を平らかにす」とは、歴數を作り、其の遲速を平らかにして邦國に頒かつことを掌るを謂ふなり。晦朔

・弦望・交會に期有り、日月・五星の行道に度有り、曆して之を數ふるが故に、（杜預注に）「歴數」と曰ふなり。

① 諸本「月御」を「日御」に作る。底本「月御」に作るは誤りである。

② 『周禮』 『周礼』春官の序官に「大史、下大夫二人、上士四人」とあり、「大史」に「正歳年以序事、頒之于官府及都鄙、頒告朔於邦國」とある。

〔傳〕 日官居卿以底日、禮也

〔注〕 日官天子掌曆數者、不在六卿之數、而位從卿、故言居卿也、底平也、謂平曆數

〔傳〕 日御不失日、以授百官于朝

〔注〕 日官平曆以班諸侯、諸侯奉之、不失天時、以授百官

〔傳〕 初鄭伯將以高渠彌爲卿、昭公惡之、固諫不聽、昭公立、懼其殺己也、辛卯、弑昭公而立公子亶

〔注〕 公子亶昭公弟

〔傳〕 君子謂昭公知所惡矣、公子達曰

稱し、爲に『傳』三たび發す。蔡侯に貶すこと有れば、『傳』も亦宜しく説くべし。史書の謬誤にして、疑ふらくは闕文有らん」と。是れ其の疑ふの意なり。

① 『釋例』 『春秋釈例』弔贈葬例第五に見える。

② 劉 劉炫『春秋左氏伝述義』

③ 賈 賈逵『春秋左氏伝解詁』

④ 許 許淑『春秋左伝許氏注』

⑤ (一)僖公二十三年經に「冬、十有一月、杞子卒」とあり、「伝」に「十一月、杞成公卒、書曰子、杞夷也」とある。

(二)僖公二十七年經に「春、杞子来朝」とあり、「伝」に

「春、杞桓公来朝、用夷礼、故曰子、公卑杞、杞不共也」とある。

(三)襄公二十九年經に「杞子来朝」とあり、「伝」に「杞文公来盟、書曰子、賤之也」とある。

〔經〕 及宋人・衛人伐邾、冬、十月朔、日有食之

〔注〕 甲乙者、麻之紀也、晦朔者、日月之會也、日食不可以不存晦朔、晦朔須甲乙而可推、故日食必以書朔日爲例

〔傳〕 十七年、春、盟于黃、平齊・紀、且謀衛故也

〔注〕 齊欲滅紀、衛逐其君

〔傳〕 及邾儀父盟于越、尋蔑之盟也

〔注〕 蔑盟在隱元年

〔傳〕 夏、及齊師戰于奚、疆事也

〔注〕 爭疆界也

〔傳〕 於是齊人侵魯疆、疆吏來告、公曰、疆場之事、慎守其一而備其不虞

〔注〕 虞度也、不度猶不意也

〔疏〕 疆場 不虞

正義に曰はく、「疆場」とは界畔を謂ふなり。此に至りて主を易ふるが故に、名づけて「場」と曰ふ。封疆を典る者は、已むを得ず往きて人を侵せども、人をして來りて侵さしむること無きのみ。謹慎して其の一家の有する所を守り、以て意度せざるの事に備ふ。

〔傳〕 姑盡所備焉、事至而戰、又何謁焉

〔注〕 齊背盟而來、公以信待、故不書侵伐

〔傳〕 蔡桓侯卒、蔡人召蔡季于陳

① 「世家」 『史記』衛康叔世家に「宣公夫人、与朔共讒  
 惡太子伋、宣公自以其奪太子妻也、心惡太子、欲廢之、及聞  
 其惡大怒、乃使太子伋於齊、而令盜遮界上殺之、与太子白旄、  
 而告界盜、見持白旄者殺之」とある。

〔傳〕 惠公奔齊

〔經〕 十有七年、春、正月丙辰、公會齊侯・紀侯盟于黃

〔注〕 黃齊地

〔經〕 二月丙午、公會邾儀父盟于雒

〔注〕 雒魯地、稱子、義與蔑盟同、二月無丙午、丙午三月四日也、  
 日月必有誤

① 隱公元年經に「三月、公及邾儀父盟于蔑」とある。

〔經〕 夏、五月丙午、及齊師戰于奚

〔注〕 奚魯地、皆陳曰戰

① 諸本「背」を「皆」に作る。底本「背」に作るは誤りであ  
 る。莊公十一年伝例に「皆陳曰戰」とある。

〔經〕 六月丁丑、蔡侯封人卒

〔注〕 十一年大夫盟于折

〔經〕 秋、八月、蔡季自陳歸于蔡

〔注〕 季蔡侯弟也、言歸爲陳所納

〔經〕 癸巳、葬蔡桓侯

〔注〕 無傳、稱侯、蓋謬誤、三月而葬速

〔疏〕 注稱侯蓋誤

正義に曰はく、五等の諸侯卒すれば則ち各々其の爵を書し、葬  
 れば則ち諡を擧げて「公」を稱するは、禮の常なり。此れ貶責無  
 くして獨り「侯」を稱するが故に、（杜預注に）「蓋し謬誤なら  
 ん」と云ふなり。①『釋例』に曰はく、「卒して外に赴ぐる者は、  
 皆爵を正して名を稱す。死を慎しみて終はりを考し、敢へて大典  
 に違はざるなり。葬を書するは、皆主人の私稱に従ふ。客主人の  
 敬ひて各々本づくこと有り。謙敬各々其の所得、而る後に二國  
 の禮成るなり。『蔡の桓侯を葬る』に、獨り『公』を稱せず。劉  
 ・賈・許曰はく、『桓（侯）卒して（蔡）季歸り、臣子無きの辭  
 なり』と。蔡侯に子無く、以て弟、位を承くれば、群臣主を廢す  
 ること無く、社稷祀りを乏しくせず。故に（本年）『傳』に稱す、  
 『蔡人、之を嘉す』と。貶する所に非ざるなり。紀伯に『子』を

人夷姜、夷姜生子伋、以為太子」とある。

〔傳〕 屬諸右公子、爲之娶於齊而美、公取之、生壽及朔、屬壽於左公子

〔注〕 左右媵之子、因以爲號

〔疏〕 注左右、爲號

正義に曰はく、公子の法に左右無ければ、明らかに其の母に因りて號を爲す。①『公羊』に稱す、「諸侯一國に取れば、則ち二國往きて之に媵す」と。二媵有るを以ての故に、分けて左右と爲す。『公羊』を説く者、右媵は左媵よりも貴しと言ふ。義或ひは當に然るべし。此の左右の公子は、蓋し宣公の兄弟ならん。

① 『公羊』 『公羊伝』 莊公十九年に「媵者何、諸侯娶一國、則二國往媵之、以姪娣從、姪者何、兄之子也、娣者何、弟也、諸侯壹聘九女、諸侯不再娶」とある。

〔傳〕 夷姜縊

〔注〕 失寵而自縊死

〔傳〕 宣姜與公子朔構急子

〔注〕 宣姜宣公所取急子之妻、構會其過惡

〔傳〕 公使諸齊、使盜待諸莘、將殺之

〔注〕 莘衛地、陽平縣西北有莘亭

〔傳〕 壽子告之使行

〔注〕 行去也

〔傳〕 不可、曰、棄父之命、惡用子矣

〔注〕 惡安也

〔傳〕 有無父之國則可也、及行飲以酒、壽子載其旌以先、盜殺之、

急子至、曰、我之求也、此何罪、請殺我乎、又殺之、二公子

故怨惠公、十一月、左公子洩・右公子職、立公子黔牟

〔注〕 黔牟群公子

〔疏〕 載其旌

正義に曰はく、之に代はりて其の旌を載てるは、蓋し旌に志識有るが故ならん。①「世家」に云ふ、「大子に白旌を興へて盜に告げて曰はく、毛旌を見る者は之を殺せ」と。或ひは當に毛旌を以て旌と爲すべし。但、馬遷は此の文を演じて之が説を爲す。其の辭は至鄙にして、未だ必ずしも其の言は信ずべからざるなり。

鄭玄注に「周語曰、辰角見而雨畢、天根見而水涸、又曰、雨畢而除道、水涸而成梁、辰角見九月本也、天根見九月末也」とある。

⑥ 傳公二年経に「春、王正月、城楚丘」とあり、「伝」に「春、諸侯城楚丘而封衛焉」とある。

⑦ 『詩』 注②参照。

⑧ 「周語」 注④参照。

⑨ 「月令」 『礼記』月令の孟冬の項に「是月也、天子始裘」とある。

⑩ 杜（預） 『春秋釈例』土功例第十九に「水昏正而栽、謂夏之十月、定星昏而中、于是樹板幹而興作焉」とある。

⑪ 劉君 劉炫『春秋規過』

〔經〕 十有一月、晉侯朔出奔齊

〔注〕 惠公也、朔讒構取國、故不言二公子逐、罪之也

〔傳〕 十六年、春、正月、會于曹、謀伐鄭也

〔注〕 前年冬、謀納厲公、不克、故復更謀

〔傳〕 夏、伐鄭、秋、七月、公至自伐鄭、以飲至之禮也、冬、城向、書時也、初衛宣公烝於夷姜、生急子

〔注〕 夷姜宣公之庶母也、上淫曰烝

〔疏〕 注夷姜、曰烝

正義に曰はく、晉の獻公は夷姜に烝し、惠公は賈君に烝す。皆是れ父の妾に烝す。此も亦父の妾に烝す。此も亦父の妾なるを知るが故に、（杜預注に）「庶母なり」と云ふ。成（公）二年傳に稱す、「楚の莊王、夏姫を以て連尹の襄老に予ふ。襄老死し、其の子の黒要烝す」と。母に淫して「烝」と謂へば、「烝」は是れ上淫なるを知る。蓋し「烝」を訓じて「進」と爲す。自ら進んで之と淫するを言ふなり。⑤「世家」に云ふ、「初め宣公、夫人夷姜を愛す」と。烝淫して之を「夫人」と謂ふは、馬遷の謬のみ。

① 莊公二十八年伝に「晋献公娶于賈、無子、烝於齊姜、生秦穆夫人及太子申生、又娶二女於戎、大戎狐姬生重耳、小戎子生夷吾」とあり、杜預注に「齊姜武公妾」とある。

② 傳公十五年伝に「晋侯之入也、秦穆姬属賈君焉、且曰、尽納群公子、晋侯烝于賈君、又不納群公子、是以穆姬怨之」とあり、杜預注に「穆姬申生姉秦穆夫人也、賈君晋献公次妃賈女也」とある。

③ 成（公）二年傳 成公二年伝に「楚之討陳夏氏也、莊王欲納夏姬、申公巫臣曰、不可、君召諸侯以討罪也、今納夏姬、貪色為淫、淫為大罪、天下多美人、何必是、子反乃止、王以子連尹襄老、襄老死於郟、不獲其尸、其子黒要烝焉」とある。

④ 『爾雅』釈詁下に「羞・餞・迪・烝・進也」とあり、『毛詩』周頌・豊年「烝界祖妣」の鄭玄箋に「烝進、男子也、孔甚也」とある。

⑤ 「世家」 『史記』衛康叔世家に「十八年、初宣公愛夫

在りて正しかるべし。又「方」とは、未だ至らざるの辭なるが故に、<sup>②</sup>「定之方中——定(星)の方に中す」を以て、方に中に向かはんとして實は未だ正中ならずと爲す。十一月は以て土功を興すべく、(本年「傳」の)「時なるを書す」は、「傳」の誤りに非ざるなり。劉炫『規過』に以爲へらく、「案ずるに、『周語』に云ふ、『辰角見えて雨畢はり、天根見えて水涸れ、颯見えて霜を隕らし、火見えて清風寒を戒む。故に先王の教へに曰はく、雨畢はりて道を除ひ、水涸れて梁を成し、霜を隕らして冬裘具はり、清風至りて城郭を脩む、と。故に夏令に曰はく、九月道を除ひ、十月梁を成す、と。營室の中する、土功其れ始まる」と。先儒以爲へらく、建戌の月、霜始めて降りて房星見え、霜降るの後寒風至りて心星見ゆ、と。鄭玄云ふ、『辰角見ゆとは九月の本を謂ひ、天根見ゆとは九月の末を謂ふ』と。天根とは氏星を謂ふ、是れなり。自然に火見ゆるは是れ建亥の月。又『春秋』の『楚丘に城く』は是れ正月。而るに杜(預)『詩』を引きて云ふ、定の方に中するは未だ正中ならざるなり、と。定星豈正月に未だ正中ならざるや。此の諸文に據れば、則ち火見えて土功す。必ず建亥の月に在れば、則ち建戌の月に必ず土功するの理無し。而るに杜(預)、以て建戌の月に向に城くことを得ると爲すは、非なり」と。今、以爲へらく、<sup>③</sup>「周語」の文は、單子、陳の道を除はざるを見るが故に、譏りて此の言を爲す。故に擧ぐる所の時節は、並びに早月に在るなり。<sup>④</sup>「月令」に、孟冬に天子始めて裘をきる、と。單子云ふ、霜を隕らせて冬裘具はり、と。九月已に裘をきるは、是れ其れ早なり。且つ「周語」の文は尋常の節氣に據り、九月にして道を除ひ、十月にして土功を興す。杜(預)、此の年に閏は六月

に在るを以て、則ち建戌の月は二十一日にして已に建亥の節氣を得。是れ十月の節氣は九月の中に在り。土功の事何爲れぞ可ならざらん。「諸侯、楚丘に城く」は自づから正月に在れば、衛人始めて宮室を作るは、必ず其の前に在り。杜(預)、「定星方に正中ならんとす」と云ふは、理に於いて何ぞ失あらん。劉君、廣く「周語」の文を引きて以て杜(預)を規せども、杜(預)、「月却きて節前む」を以てせば、何ぞ須らく難を致すべし。

① 昭公三年経に「夏、叔弓如滕、五月、葬滕成公」とあり、「伝」に「五月、叔弓如滕、葬滕成公」とある。

② 定之方中 『毛詩』邶風・定之方中に「定之方中、作于楚宮」とあり、毛伝に「定宮室也、方中昏正四方、楚宮楚丘之宮也、仲梁子曰、初立楚宮也」とあり、鄭玄箋に「楚宮謂宗廟也、定星昏中而正、於是可以營制宮室、故謂之宮室、定星昏中而正、謂小雪時、其体与東壁連、正四方」とある。

③ 劉炫『規過』 『春秋規過』 本疏引。

④ 「周語」 『国語』周語中に「單子婦告王曰、陳侯不有大咎、国必亡、王曰、何故、对曰、夫辰角見而雨畢、天根見而水涸、本見而草木節解、颯見而隕霜、火見而清風戒寒、故先王之教曰、雨畢而除道、水涸而成梁、草木節解而備藏、隕霜而冬裘具、清風至而修城郭宮室、故夏令曰、九月除道、十月成梁、其時傲曰、収而場功、待而畚耜、宮室之中、土功其始」とある。

⑤ 鄭玄 『礼記』月令の仲秋の項に「是月也、日夜分、雷始収声、蟄虫坏戸、殺氣浸盛、陽氣日衰、水始涸」とあり、

こと有る無し。其の間、蔡と衛は凡そ七たび會す。六は衛の上に在り、唯此の處のみ陳の下に在り。故に以爲へらく、蓋し後れて至りしならん」と。

① 諸本に「蔡侯」に作る。底本に「蔡衛」に作るは誤りである。

② 宣(公)七年傳例 宣公七年伝に「凡師出、与謀及、不与謀曰会」とある。

③ 『釋例』 『春秋釈例』及会例第十六に見える。

④ 『班序譜』 『春秋釈例』班序譜第二十二に見える。

⑤ 十六國

隱元年	魯 邾 宋
二年	戎 紀 莒 鄭 衛
四年	杞 陳 蔡
六年	齊
十年	戴
桓十二年	燕
莊十四年	曹 單

⑥ 七たび會す

隱四年經	(一) 宋公・陳侯・蔡人・衛人伐宋
隱十年經	(二) 秋、翬帥師会宋公・陳侯・蔡人・衛人伐鄭
桓五年經	(三) 宋人・蔡人・衛人伐戴、鄭伯伐取之
桓十四年經	(四) 秋、蔡人・衛人・陳人從王伐鄭
桓十六年經	(五) 宋人以齊人・蔡人・衛人・陳人伐鄭
	(六) 春、正月、公会宋公・蔡侯・衛侯于曹

(七) 夏、四月、公会宋公・衛侯・陳侯・蔡侯伐鄭

〔經〕 秋、七月、公至自伐鄭

〔注〕 用飲至之禮、故書

〔經〕 冬、城向

〔注〕 傳曰、書時也、而下有十一月、舊説因謂傳誤、此城向亦俱是十一月、但本事異、各隨本而書之耳、經書夏叔弓如滕、五月葬滕成公、傳云五月叔弓如滕、即知但稱時者、未必與下月異也、又推按此年、閏在六月、則月却而節前、水星可在十一月而正也、詩云、定之方中、作于楚宮、此未正中也、功役之事、皆摠指天象、不與言歷數同也、故傳之釋經、皆通言一時、不月別

〔疏〕 注傳曰、月別

正義に曰はく、杜(預)、「向に城く」と下と同月なるを以ての故に、①「叔弓、滕に如く」の「經」「傳」の異なるを檢ぶ。

「滕に如く」と「葬る」とは同月なれば、此の「向に城く」と「出奔す」とは同月なるを知る。但本事既に異なれば、各々本に隨ひて之を書し、下に月ありて此に月無きのみ。其の實、同じく是れ十一月なり。但十一月に、水星は昏に猶未だ正ならざるが故に、復歴數を推し控ぶ。此の年、月却きて節前めば、水星は十一月に

〔傳〕十五年、春、天王使家父來求車、非禮也、諸侯不貢車服

殺檀伯、而遂居櫟

〔注〕車服上之所以賜下

〔注〕檀伯鄭守櫟大夫

〔傳〕天下不私求財

〔傳〕冬、會于袤、謀伐鄭、將納厲公也、弗克而還

〔注〕諸侯有常職貢

〔經〕十有六年、春、正月、公會宋公・蔡侯・衛侯于曹、夏、四月、公會宋公・衛侯・陳侯・蔡侯伐鄭

〔傳〕祭仲專、鄭伯患之、使其壻翟糾殺之、將享諸郊、雍姬知之、謂其母曰、父與夫孰親、其母曰、人盡夫也、父一而已、胡可比也

〔注〕春既謀之、今書會者、魯諱議納不正、蔡常在衛上、今序陳下、蓋後至

〔注〕婦人在室則天父、出則天夫、女以爲疑、故母以所生爲本解之

〔疏〕注春既、後至

〔傳〕遂告祭仲曰、雍氏舍其室、而將享子於郊、吾惑之、以告、祭仲殺雍糾、尸諸周氏之汪

〔注〕汪池也、周氏鄭大夫、殺而暴其尸、以示戮也

〔傳〕公載以出

〔注〕愍其見殺、故載其尸共出國

〔傳〕曰、謀及婦人、宜其死也、夏、厲公出奔蔡、六月乙亥、昭公入、許叔入于許、公會齊侯于艾、謀定許也、秋、鄭伯因櫟人

正義に曰はく、宣(公)七年傳例に云ふ、「謀に與るを及と曰ひ、謀に與らざるを會と曰ふ」と。此れ春に既に之を謀れば、例として當に「及」と言ふべし。今「會」を書するは、魯、諸侯と聚議して不正の人を納るることを諱むが故に、謀に與らざるの文に従ふ。③『釋例』に曰はく、「魯、既に春に曹に會して以て鄭を伐つことを謀り、夏、遂に師を興す。而るに更に謀に與らざるの文に従ふは、厲公は天子忽の位を篡ひ、謀りて之を納るるは正に非ざるが故に、之を諱みて謀に與らざるの例に従ふ」と、是れ其の義なり。諸侯の序は、大小を以て次を爲す。④「班序譜」に稱す、「隱(公)より莊(公)十四年に至るまで四十三歳。征伐・盟會するもの凡そ十六國。時に霸主無ければ、會同并せず、序を成す

すべし。若し臣をして來聘せしむれば、又「朝す」と稱することを得ず。<sup>②</sup>「曹伯、世子の射姑をして來朝せしむ」と。是れ世子に「朝す」と稱するの義有り。此の三人皆附庸の世子にして、父事を攝行して來朝するを知るなり。諸侯の卿は「名」を稱し、大夫は降して「人」を稱す。是れ人の名に於けるは、例として一等を差ふ。若し附庸なれば、其の君は應に「名」を稱すべし。故に其の子は降して「人」を稱す。<sup>③</sup>『釋例』に曰はく、「王の世子は名はず。諸侯の世子は則ち名いふ。」<sup>④</sup>王の世子に首止に會す、曹の世子射姑來朝す、是れなり。邾人・牟人・莒人來朝す、是れなり」と。是れ世子の稱謂の等級を言ふなり。

<sup>⑥</sup>「地理志」に「泰山郡の牟縣は故の牟國なり」と。陳留郡の寧陵縣は、應劭曰はく、「故の葛伯の國なり」と。然らば則ち晉に於いて梁國に屬するなり。

① 邠の黎來 莊公五年經の「秋、邠黎來來朝」の杜預注に「附庸國也」とあり、「伝」の「秋、邠黎來來朝、名未王命也」の杜預注に「未受爵命為諸侯也、伝免附庸稱名例也」とある。

② 桓公九年經に「冬、曹伯使其世子射姑來朝」とあり、杜預注に「曹伯有疾、故使其子來朝也」とある。

③ 『釋例』 『春秋釈例』會盟朝聘例第二に見える。

④ 僖公五年經に「公及齊侯・宋公・陳侯・衛侯・鄭伯・許男・曹伯、會王世子于首止」とある。

⑤ 注②参照。

⑥ 「地理志」 『漢書』地理志第八上二の泰山郡に「牟、

故國」と。第八上一の陳留郡に「寧陵、奔曰康善」とあり、顏師古注に「孟康曰、故葛伯國、今葛郷是」とある。

⑦ 應劭 本疏引。

〔經〕 秋、九月、鄭伯突入于櫟

〔注〕 櫟鄭別都也、今河南陽翟縣、未得國、直書入、無義例也

〔經〕 冬、十有一月、公會宋公・衛侯・陳侯于袤、伐鄭

〔注〕 袤宋地、在沛國相縣西南、先行會禮而後伐也

〔疏〕 注先行會禮

正義に曰はく、「謀」に與らずして「會」を言ふものに非ずと知るは、「于袤」を言ふを以ての故に、此れ會禮を行ふを知るなり。若し「地」を言はずして直ちに「會」を言へば、則ち是れ謀に與らざるの例なり。<sup>①</sup>「召陵の會」の杜（預）注に「召陵に於いて先づ會禮を行ふ」と云ふは、此と同じきなり。

① 召陵の會 定公四年經に「三月、公會劉子・晉侯・宋公

・蔡侯・衛侯・陳子・鄭伯・許男・曹伯・莒子・邾子・頓子・胡子・滕子・薛伯・杞伯・小邾子・齊國夏于召陵侵楚」とあり、杜預注に「於召陵先行會礼、入楚竟、故書侵也」とある。

入るにて、外國より入るには非ざるなり。鄭の莊公は十一年を以て卒し、許叔今始めて入るは、蓋し鄭の突其れをして復さしめず、忽既に位を得、仁に親しみて鄭に善くし、許を存するに徳を以てし、許人其れ己の援げと爲さんことを冀ふが故に、此の年に始めて入ることを得るなり。小白・陽生の入るに皆名を稱し、此に叔は字を稱するが故に、(杜預注に)「許人、之を嘉し、字を以て告ぐるなり」と云ふ。杜(預)、是れ字なるを知るは、蔡・季子來歸するも亦以て字を書するを以ての故に、之を知るなり、杜(預)、⑥「傳例」に「凡そ其の國を去り、國逆へて之を立つるを入と曰ふ」と伝ふを以て、此も亦國逆ふるの例と爲すを嫌ふ。⑦「釋例」に曰はく、「諸々例に在りては、外よりするを入と稱す。直ちに是れ外より内に入る。事を記すの常辭にして、義は取る所無し。賈氏、⑧『夫人姜氏の入』と雖も、皆以て例と爲す」と。由りて先儒は以て國逆ふと爲すが故に、(杜預注に)許叔は本より國を去らずんば、國逆ふるの正例に非ず、と言ふ。國逆ふるの正例は、國を去りて來るに據る。許叔は本より國を去るには非ざるが故に、(杜預注に)「國逆ふるの例に非ず」と云ふ。其の實許は始めて國を復びし、許叔還ることを得。上下交歡し、心を同じくして迎逆ふ。其の實事を指せば、國逆ふるの理有り。故に「釋例」に於いて「許叔に國逆ふるの文有り」と云ふ。但國逆ふるの正例に非ざるのみ。劉君此の旨に達せずして妄りに杜(預)の失を規すは、非なり。

- ① 十一年 桓公十一年經に「夏、五月癸未、鄭伯廡生卒、秋、七月、葬鄭莊公公」とある。

- ② 小白 莊公九年經に「齊小白入于齊」とある。  
 ③ 陽生 哀公六年經に「齊陽生入于齊」とある。  
 ④ 蔡 桓公十七年經に「秋、八月、蔡季自陳歸于蔡」とあり、「伝」に「秋、蔡季自陳歸于蔡、蔡人嘉之也」とあり、杜預注に「嘉之、故以字告」とある。

- ⑤ 季 閔公元年經に「季子來歸」とあり、杜預注に「季子公子友之字」とある。「伝」に「季子來歸、嘉之也」とある。  
 ⑥ 「傳例」 成公十八年伝に「凡去其國、國逆而立之曰入、復其位曰復歸、諸侯納之曰歸、以惡入曰復入」とある。

- ⑦ 「釋例」 『春秋釈例』帰入納例第二十一に見える。

- ⑧ 賈氏 賈逵

- ⑨ 夫人姜氏の入 莊公二十四年經に「八月丁丑、夫人姜氏入」とある。

- ⑩ 「釋例」 『春秋釈例』帰入納例第二十一に見える。

- ⑪ 劉君 劉炫。

〔經〕公會齊侯于艾、邾人・牟人・葛人來朝

〔注〕無傳、三人皆附庸之世子也、其君應稱名、故其子降稱人、牟國今泰山牟縣、葛國在梁國寧陵縣東北

〔疏〕注三人、東北

正義に曰はく、三國俱に「人」を稱すれば、合に禮を行ひて、其の尊卑同じきを知るべきなり。邾子は未だ王命を得ざるを以て、牟・葛の等は是れ附庸なるを知る。①「邾の黎來、來朝す」とあり、附庸には名を書す。此れ若し君自親ら來れば、則ち亦應に名を稱

是れ世子なるを以ての故に、之を迎へて還らしむ。是れ世子歸ることを得る所以と爲す。鄭は世子の名を以て告げ、嘗て君爲るを以て告げず。時史は其の告辭に因りて書して「世子」と曰ふ。實に本の位に復れば、書して「復歸」と曰ふ。而るに忽の君爲るは、自ら固むる能はず、逐はるるより始まりて殺さるるに終はるるまで、三公子更立ちて君と爲る。鄭國を亂す者は、實に忽の由なり。『釋例』と此の注とは盡く同じ。其の（『春秋釋例』王侯夫人出奔例第二十五）未に云ふ、「故に仲尼、因りて以て義を示す」と。言ふところは、舊史の文に因りて即ち「世子」と稱し、鄭人に本以て君と爲さざるの義有るを示す。忽は隱公の世に於いて毎に「公子」と稱し、六年に「大子」と稱すれば、則ち齊を救ふの時已に立ちて大子と爲るが故なり。

① 成（公）十八年傳 成公十八年伝に「凡去其國、國逆而立之曰入、復其位曰復歸、諸侯納之曰歸、以惡曰復入」とある。

② 忽の出奔 桓公十一年経に「鄭忽出奔衛」とある。

③ 禮 『公羊伝』莊公三十二年に「子卒云子卒、此其称子般卒何、君存称世子、君薨称子某、既葬称子、踰年称公」とある。

④ 父の喪 桓公十一年経に「夏、五月癸未、鄭伯寤生卒、秋、七月葬鄭莊公」とある。

⑤ 桓公十一年伝に「初、祭卦人仲足、有寵於莊公、莊公使爲卿、爲公娶鄧曼、生昭公、故祭仲立之」とある。

⑥ 桓公十五年伝に見える。祭仲の娘の雍姬。鄭國の雍糾の妻

となる。

⑦ 桓公六年伝に詳細。

⑧ 「經」 注②参照。

⑨ 『釋例』 『春秋釋例』王侯夫人出奔例第二十五に「鄭忽既葬免喪而不称君者、忽爲太子、有母氏之寵、宗卿之援、有功於諸侯、此太子之盛者也、守介節以失大國之助、知三公子之強、不用祭仲之言、修小善、潔小行、從匹夫之仁、忘社稷之大計、故君子謂之善自爲謀、言不能謀國也、父卒而不能自君、鄭人亦不君之、是以出則降名以赴、入則逆之以太子之礼、始于見逐、終于見殺、三公子更立、乱鄭國者、実忽之由也、故仲尼因而示義也」とある。

⑩ 隱公三年伝に「鄭公子忽爲質於周」とある。

隱公七年伝に「鄭公子忽在王所」とある。

隱公八年伝に「鄭公子忽如陳逆婦嬀」とある。

⑪ 六年 桓公六年伝に「鄭大子忽帥師救齊」とある。

〔經〕 許叔入于許

〔注〕 許叔莊公弟也、隱十一年、鄭使許大夫奉許叔居許東偏、鄭莊公既卒、乃入居位、許人嘉之、以字告也、叔本不去國、雖稱入、非國逆例

〔疏〕 注許叔、逆例

正義に曰はく、「入」とは、外自りするの辭にして、其の自る所の處に本づく。言ふところは、其れ許の東偏よりして許の國に

① 『釋例』 『春秋釈例』王侯夫人出奔例第二十五に見え  
る。

② 『傳』 襄公十四年経に「己未、衛侯出奔齊」とあり、  
杜預注に「諸侯之策、書孫・甯逐衛侯、春秋以其自奔亡之禍、  
故諸侯失國者、皆不書逐君之賊也、不書名從告也」とある。

又「伝」に「衛獻公戒孫文子・甯惠子食、皆服而朝、日旰、  
不召、而射鴻于圃、二子從之、不积皮冠而与之言、二子怒、  
……公出奔齊、……公使祝宗告亡、且告無罪、定姜曰、無神、  
何告、若者、不可誣也、有罪、若何告無、舍大臣而与小臣謀、  
一罪也、先君有冢卿以為師保、而蔑之、二罪也、余以巾櫛事  
先君、而暴妾使余、三罪也、告亡而已、無告無罪」とある。

③ 衛の獻公 注②参照。

④ 北燕伯款 昭公三年経に「北燕伯款出奔齊」とあり、杜  
預注に「不書大夫逐之而言奔、罪之也、書名從告也」とある。

⑤ 蔡侯朱 昭公二十一年経に「冬、蔡侯朱出奔楚」とある。

⑥ 『釋例』 『春秋釈例』王侯夫人出奔例第二十五に見え  
る。

⑦ 昭(公)三年傳 昭公三年伝に「公懼奔齊、書曰北燕伯  
款出奔齊、罪之也」とある。

〔經〕世子忽復歸于鄭

〔注〕 忽實居君位、故今還以復其位之例爲文也、稱世子者、忽爲大  
子、有母氏之寵・宗卿之援、有功於諸侯、此大子之盛者也、  
而守介節以失大國之助、知三公子之彊、不從祭仲之言、修小

善、絜小行、從匹夫之仁、忘社稷之大計、故君子謂之善自爲  
謀、言不能謀國也、父卒而不能自君、鄭人亦不君之、出則降  
名以赴、入則逆以大子之禮、始於見逐、終於見殺、三公子更  
立、亂鄭國者、實忽之由、復歸例在成十八年

〔疏〕注忽實(八年)

正義に曰はく、成(公)十八年傳に曰はく、「其の位に復する  
を復歸と曰ふ」と。(世子)忽は本既に君位に居り、然る後に出  
奔す。故に今還るに復位の例を以て文を爲すなり。

(本年)「經」に「復歸」を言へば、明らかに是れ「復位」の例  
なり。(杜預)注に此に言ふは、以へらく、(世子)忽の出奔に

「鄭伯」と稱せず、歸るに「世子」と言ふは又君號に非ず。君に  
非ずして「復歸」を稱するは、其の是れ復位せざるを嫌ふが故に、

之を明らかにす。禮にては、父在れば「世子」を稱す。(世子)  
忽の父の喪は今に於いて五年なれば、「世子」は當に稱すべき所

に非ず。故に其の稱するの意を迹ぬ。鄧曼の生みし所立てて世子  
と爲せば、是れ母氏の寵有るなり。宗卿とは同姓の卿を謂ふ。祭

仲の女を雍姫と曰へば、則ち祭仲は姫姓。是れ同宗の卿なり。齊  
を救ひて戎を敗る。是れ小功有るなり。(杜預注の)「而るに介

節を守る」とは、瑣瑣たる狷介の節を守りて齊の女を娶らざるを  
言ふなり。⑧「經」に「鄭の忽出奔す」と書して「鄭伯」と稱せざ

るは、是れ名を降して以て赴ぐるなり。今「世子、復歸す」と稱  
するは、是れ逆ふるに大子の禮を以てするなり。(杜預注の)「逆

ふるに大子の禮を以てす」とは、以へらく、突は是れ庶子、無道  
にして出奔し、更に君を擇ばんと欲するに忽より諭ゆる無し。本

〔注〕 在十二年

〔傳〕 焚渠門、入及大達

〔注〕 渠門鄭城門、達道方九軌

〔傳〕 伐東郊、取牛止

〔注〕 東郊鄭郊、牛止鄭邑

〔傳〕 以大宮之椽歸、爲蘆門之椽

〔注〕 大宮鄭祖廟、蘆門宋城門、告伐而不告入取、故不書

〔經〕 十有五年、春、二月、天王使冢父來求車、三月乙未、天王崩

〔注〕 無傳、桓王也

〔經〕 夏、四月己巳、葬齊僖公

〔注〕 無傳

〔經〕 五月、鄭伯突出奔蔡

〔注〕 突既篡立、權不足以自固、又不能倚任祭仲、反與小臣造賊盜

之計、故以自奔爲文、罪之也、例在昭三年

〔疏〕 注突既 三年

正義に曰はく、凡そ諸侯の出奔は皆逐はれて出づるにて、自ら出づるには非ざるなり。舊史に臣以て君を逐ふと書するも、仲尼「春秋」を脩むるに、其の自ら固むること能はざるを責めて自ら奔るを以て文を爲す。以故に此の（杜預）注に、突の惡を述ねて其の之を罪するの意を言ふ。①「釋例」に曰はく、「諸侯の奔亡は、皆迫逐して苟も免るるも、自ら出づるには非ざるなり。②「傳」に「衛の孫林父・甯殖、其の君を出だす」と稱すれば、名は諸侯の策に在り。此れ臣の名を以て赴告するの文なり。仲尼の「經」は、更めて逐ふ者の主名を没して自ら奔るを以て文を爲す。其の自安・自固すること能はざるを責め、犯す所は徒逐ふ所の臣のみに非ざるなり」と。其の犯す所の處は多く、徒逐ふ者のみ獨り惡なるに非ざるを言ふ。君は君たること能はざるが故に、臣も亦臣たらず。臣の君を逐ふは、其の罪已に著る。其の臣の名を没して獨り君の罪を見す。罪は純ら其の臣に在らざるが故を言ふなり。③衛の獻公の出奔に名いはず。鄭伯突及び北燕伯款・蔡侯朱等には皆名を書するは、彼の告辭に従ふ。故に「釋例」に曰はく、「衛の赴ぐるに名を以てせずして、燕の赴ぐるに名を以てす。赴ぐるに隨ひて之を書せば、義は彼に在りて此に在らざるなり」と。言ふところは、其の自安・自固すること能はざるを責め、自ら奔るは即ち是れ身に罪あり、名いふと名いはざるとは復義を著さざるが故に、告に従ふなり。④昭（公）三年傳に「書して北燕伯款、齊に出奔すと曰ふは、之を罪するなり」と曰ふは、是れ變例なり。

〔經〕冬、十有二月丁巳、齊侯祿父卒

〔注〕無傳、隱六年盟于艾

〔經〕宋人以齊人・蔡人・衛人・陳人伐鄭

〔注〕凡師能左右之曰以、例在僖<sup>①</sup>二十六年

① 僖公二十六年伝に「凡師左右之曰以」とある。

〔傳〕十四年、春、會于曹、曹人致餼、禮也

〔注〕熟曰饗、生曰餼

〔疏〕注熟曰饗生曰餼

正義に曰はく、<sup>①</sup>『周禮』に、内饗は皆割亨の事を掌り、亨人は外・内饗の爨亨煮を給す、と。「饗」とは、煮肉の名なれば、(杜預注の)「熟するを饗と曰ふ」を知る。哀(公)二十四年傳に稱す、「晉人、臧石に牛を餼る」と。生牛を以て之に賜へば、(杜預注の)「生を餼と曰ふ」を知る。又、聘禮には、饗餼五牢、飪一牢、脛二牢、餼二牢を致す。「飪」は是れ熟肉、「脛」は是れ生肉なれば、「餼」は是れ未だ殺さざるを知る。鄭玄<sup>④</sup>以爲へらく、生牲を餼と曰ふ、と。唯「瓠葉」の箋<sup>⑤</sup>に云ふ、「脛を餼と曰ふ」と。(「瓠葉」の詩の)「牽」を以て「牽行」と爲さんと欲するが故に、「餼」を邑に殺すと爲す。定解に非ざるなり。定解は猶

生を以て餼と爲す。「傳」に諸々「餼」を言ふは、皆生物を賓に致すなり。

① 『周禮』 『周礼』天官・内饗に「内饗 掌王及后・世子膳羞之割亨・煎和之事」と、「外饗」に「外饗 掌外祭祀之割亨」と、「亨人」に「職外・内饗之爨亨煮」とある。

② 哀(公)二十四年傳 哀公二十四年伝に「晋師乃還、餼臧石牛、大史謝之」とあり、杜預注に「生曰餼」とある。

③ 『儀礼』聘礼に、饗餼五牢、飪一牢、脛二牢、餼二牢あり。

④ 鄭玄 『儀礼』聘礼「餼之以其礼」の鄭玄注に「凡賜人以牲、生曰餼、餼猶稟也」とあり、「饗餼五牢」の鄭玄注に「牲殺曰饗、生曰餼」とある。

⑤ 箋 『毛詩』小雅・魚藻之什・瓠葉の序の鄭玄注に「牛・羊・豕爲牲、擊養者曰牢、熟曰饗、脛曰餼、生曰牽、不肯用者、自養厚、而薄於賓客」とある。

〔傳〕夏、鄭子人來尋盟、且脩曹之會

〔注〕子人即弟語也、其後爲子人氏

〔傳〕秋、八月壬申、御廩災、乙亥、嘗、書不害也

〔注〕灾其屋、救之則息、不及穀、故曰書不害

〔傳〕冬、宋人以諸侯伐鄭、報宋之戰也

正義に曰はく、八月は建未にして、未だ是れ始めて殺せざるが故に、（杜預注に）「其の時に先だつも亦過ちなり」と云ふ。『周禮』大宰に「五帝を祀るときは、期に前だつこと十日、執事を帥めて日を卜し、遂に戒む。先王を享するも亦之の如し」と。鄭玄云ふ、「十日とは、散齋七日、致齋三日を容るるなり」と。壬申は乙亥の前三日に在れば、是れ致齋の初日なり。己既日を戒めて致齋す。御廩災ありと雖も、苟も其れ嘉穀を害せず、穀の以て祭祀に共すべきもの有れば、則ち祭は應に廢すべからず。故に書して以て法を示すなり。若し穀を害すれば、則ち當に廢すべし。苟も他穀を用ふべからざるが故なり。時に先だつも亦過ちなり。過てば則ち當に書すべし。但「過」を書すること已に成例有るが故に、「傳」に「不害——害あらず」を指し言ふ。故に沈氏云ふ、「杜（預）以へらく、時に先だつも亦過てり、と。過ては則ち當に書すべきも、『傳』に何を以て専ら「不害——害あらず」と言ふや。此れ丘明の意なり。若し時に先だちて災有るに非ざれば、害あらざるも亦書す。若し御廩に災有るに非ざれば、則ち先だつも亦書す。進退例を明らかにするなり」と。服虔云ふ、「魯は壬申を以て災を被り、乙亥に至りて嘗すれば、災害を以て恐るると爲さず」と。故に衛、杜（預）を難じて云ふ、「若し之を救へば則ち息み、嘉穀を害せざれば、則ち『傳』に當に火を救ふの文有るべし。宋の災の若きは、『傳』に火を救ふことを擧ぐ。今、直ちに『不害——害あらず』と言へば、明らかに災を以て害を爲さざるを知る」と。杜（預）は、必ず嘉穀を害せざるといふことと爲す。秦氏答へて云ふ、「『傳』に火を救ふことを載せざる所以は、『傳』は以て『經』の文を指し釋し、略して其の要を擧ぐ

ればなり。火を救ふことを載せざる所以なり。宋・鄭の災に至りては、彼は簡牘に由りて備載す。詳略等しからざれば、相難ずべからざるなり」と。

① 桓公五年伝に「始殺而嘗」とあり、杜預注に「建酉之月、陰氣始殺、嘉穀始熟、故薦嘗於宗廟」とある。

② 『周禮』大宰 『周礼』天官・大宰に「祀五帝、則掌百官之誓戒与其具脩、前期十日、帥執事而卜日、遂戒、及執事既滌濯、及納享贊王牲事、及祀之日、贊幣爵之事、祀大神亦如之、享先王亦如之、贊王几・玉爵」とあり、鄭玄注に「前期、前所諏之日也、容散齋七日、致齋三日」とある。

③ 鄭玄 注②参照。

④ 沈氏 沈文阿『春秋左氏伝義略』 本疏引。

⑤ 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

⑥ 衛 衛冀隆『難杜』 本疏引。

⑦ 宋の災 昭公十八年経に「夏、五月壬午、宋・衛・陳・鄭災」とあり、「伝」に「……書焚室、而寬其征、与之材、三日哭、国不市、使行人告於諸侯、宋・衛皆如是、陳不救火、許不弔災、君子以是知陳・許之先亡也」とある。

襄公九年経に「春、宋災」とあり、「伝」に「春、宋災、樂喜為司城以為政、使伯氏司里、火所未至、徹小屋、塗大屋、備水器、量輕重、畜水潦、積土塗、巡文城、繕守備、表火道」とある。

⑧ 秦氏 秦同静『春秋伝駁』 本疏引。

⑨ 宋・鄭の災 注⑦参照。

〔注〕御廩、公所親耕以奉粢盛之倉也、天火曰灾、例在宣十六年<sup>①</sup>

〔疏〕注御廩、六年

正義に曰はく、「傳」に「御廩灾あり、乙亥嘗するは、害あらざるを書するなり」と稱すれば、明らかに嘗の用ふる所は、是れ御廩の藏する所なり。<sup>②</sup>『禮記』祭義に云ふ、「天子、千畝を藉するを爲し、諸侯は百畝。躬耒を乗る。以て天地・山川・社稷・先古に事ふ。敬の至りなり」と。<sup>③</sup>『穀梁傳』に曰はく、「天子親ら耕して以て粢盛に共し、王后親ら蠶して以て祭服に共す。國に良農・工女無きに非ざるなり。以爲へらく、人の盡くす所、其の祖禰に事ふるは、己自親らする所の者を以てするに若かざるなり」と。<sup>④</sup>『月令』に「季秋、乃ち冢宰に命じて、帝藉の収を神倉に藏す」と。鄭玄云ふ、「粢盛の委を重んずるなり。帝藉は、耕す所千畝なり。祭祀の穀を藏するが故に、神倉と爲す」と。此の諸文を以て、御廩とは、公親ら耕して以て粢盛に奉ずる所を藏するの倉なるを知るなり。「廩」は即ち「倉」の別名。<sup>⑤</sup>『周禮』の廩人は倉人の長爲り。其の職に曰はく、「大祭祀には則ち其の接盛を共す」と。鄭玄云ふ、「接は讀んで扱と爲す。扱して以て春人に授く。大祭祀の穀は、藉田の収にして神倉に藏する者なり。以て小用に給せず」と。是れ公の親ら耕す所の粟は祭祀に擬共し、倉廩に藏するが故に、之を「御廩」と謂ふ。其の屋に灾あれども、其の穀を損はず。故に（「傳」に）「害あらざることを書すなり」と曰ふ。

① 宣公十六年傳に「凡火、人火曰火、天火曰災」とある。

② 『禮記』祭義 『礼記』祭義に「是故昔者天子為藉千畝、

冕而朱紘、躬耒耜、諸侯為藉百畝、冕而青紘、躬耒耜、以事天地・山川・社稷・先古、以為醴酪齊盛、於是乎取之、敬之至也」とある。

③ 『穀梁傳』 『穀梁傳』桓公十四年に「天子親耕、以共粢盛、王后親蠶、以共祭服、國非無良農・工女也、以為、人之所尽、事其祖禰、不若以己所有親者也」とある。

④ 『月令』 『礼記』月令に「季秋之月、……乃命冢宰、農事備収、拳五穀之要、藏帝藉之収於神倉、祇敬必飭」とあり、鄭玄注に「重粢盛之委也、帝藉所耕千畝也、藏祭祀之穀為神倉、祇亦敬也」とある。

⑤ 鄭玄 注④参照。

⑥ 『周禮』 『周礼』地官・序官、廩人の鄭玄注に「蔵米曰廩、廩人・舍人・倉人・司禄官之長」とある。

⑦ 其の職 『周礼』地官・廩人に「大祭祀、則共其接盛」とあり、鄭玄注に「接讀為一扱再祭之扱、扱以授春人春之、大祭祀之穀、藉田之収蔵於神倉者也、不以給小用」とある。

⑧ 鄭玄 注⑦参照。

〔經〕乙亥、嘗

〔注〕先其時、亦過也、既戒日致齋、廩雖灾、苟不害嘉穀、則祭不應廢、故書以示法

〔疏〕注先其、示法

正義に曰はく、兩敵將に戰はんとすれば、必ず豫め戰地を期す。公未だ紀・鄭に見へず、紀・鄭は已に齊・宋と先づ戰期を設く。公、期を設くるに及ばず、唯其の戰ひに及ぶが故に、戰ひを言ひて戰ふ所の地を書せず。此れ地は公の期する所に非ざるが故に、書せざるを言ふなり。①『釋例』に曰はく、「桓（公）十三年の『戰不書所——戰ひに所を書せず』の『所』とは、戰ひを期する所在の地なり。公、戰ひに會して其の期に後れども、猶諸侯と其の成敗を共にするが故に、備に諸國を書して地を書せず。成（公）十六年傳に『戰ひの日、齊の國佐、師に至る』と曰ふは、此れ其の類なり。然らば則ち諸々の戰ひに日を書するは、日は即ち月に從へばなり。計るに、此（本年）の『經』は當に『二月己巳、公紀侯・鄭伯に會す』と云ふべし。今、『己巳』を『鄭伯』の下に退くるは、『春秋』の例として、公の出會には例として多く月を以てし、要盟・戰敗には例として多く日を以てす。故に『己巳』の文は、『公、紀侯・鄭伯に會す』の下に在り。十二年十二月の『鄭伯と宋を伐つ。丁未、宋に戰ふ』も亦其の類なり」と。服虔云ふ、「下に『日』いふは、公至り、而る後に戰ひの日を定むればなり」と。「地」と「日」とは當に時を同じくして期を設くべし。公既に期するの地に及ばざれば、安んぞ期日に及ぶことを得んや。劉炫云ふ、「公、紀・鄭に會し、廟に告げて行く。始めて行くには即ち會を書するなり。其の戰ひの日は則ち戰ひ罷んで乃ち廟に告ぐ。史官、其の文を連ね并せて其の本旨を存すると雖も、『己巳』は是れ戰日なるが故に、日を下にして以て『戰』を附す」と。

① 『釋例』 『春秋釈例』戰敗例第三に見える。

② 成（公）十六年傳 成公十六年伝に「戰之明日、齊國佐・高無咎至于師」とある。

③ 十二年十二月 桓公十二年經に「十有二月、及鄭師伐宋、丁未、戰于宋」とある。

④ 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

⑤ 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。

〔傳〕 鄭人來請脩好

〔經〕 十有四年、春、正月、公會鄭伯于曹

〔注〕 脩十二年武父之好、以曹地、曹與會

〔經〕 無冰

〔注〕 無傳、書時失

〔經〕 夏、五

〔注〕 不書月、闕文

〔經〕 鄭伯使其弟語來盟、秋、八月壬申、御廩災

させしめず、と謂ふべし。其の必ず須らく敬懼すべきを言ふなり。其の意は當に此くの如きなるべきのみ。若し其れ然らずんば、此れ伯比豈楚師の盡く行くを知らずして、更に師を益さんことを請ふや。

〔疏〕注狃伏也

正義に曰はく、②『説文』に「狃は狎なり」「伏は習なり」と云ひ、郭璞、「貫伏なり。今の俗語皆然り」と云へば、則ち狃・伏は皆貫習の義なり。貫を以て勝を得れば、則ち前敵を輕易し、將に自ら其の意を用ひて復持重せざらんとす。

① 蒲騷の役は、桓公十一年に見える。

② 『説文』 『説文解字』犬部に「狃、犬性伏也、从犬丑声」「狎、大可習也、从犬甲声」とあり、又、心部に「伏、習也、从心大声」とある。

③ 郭璞 『爾雅』釈詁下に「閑・狎・串・貫、習也」とあり、郭璞注に「串、厭串、貫、貫伏也、今俗語然」とある。

〔傳〕莫敖使徇于師曰、諫者有刑

〔注〕徇、宣令也

〔傳〕及鄢、亂次以濟

〔注〕鄢水在襄陽宜城縣、入漢

〔疏〕注鄢水、入漢

正義に曰はく、①『釋例』に曰はく、「鄢水は新城の涇郷縣の東南より出で、襄陽を経て宜城縣に至り、漢（水）に入る」と。

① 『釋例』

に見える。

『春秋釋例』土地名第四十四之三、水名の項

〔傳〕遂無次、且不設備、及羅、羅與蘆戎兩軍之

〔注〕蘆戎南蠻

〔傳〕大敗之、莫敖縊于荒谷、群帥囚于冶父

〔注〕縊、自經也、荒谷、冶父皆楚地

〔傳〕以聽刑、楚子曰、孤之罪也、皆免之、宋多責賂於鄭

〔注〕立突賂

〔傳〕鄭不堪命、故以紀・魯、及齊與宋・衛・燕戰、不書所戰、後

世

〔注〕公後地期、而及其戰、故不書所戰之地

〔疏〕注公後、之地

必敗、舉趾高、心不固矣

〔注〕 趾足也

〔傳〕 遂見楚子曰、必濟師

〔注〕 難言屈瑕將敗、故以益師諷諫

〔傳〕 楚子辭焉

〔注〕 不解其旨、故拒之

〔傳〕 入告夫人鄧曼、鄧曼曰、大夫其非衆之謂

〔注〕 鄧曼楚武王夫人、言伯比意不在於益衆也

〔傳〕 其謂言君撫小民以信、訓諸司以德、而威莫敖以刑也、莫敖狃於蒲騷之役、將自用也

〔注〕 狃伏也、蒲騷在十一年

〔傳〕 必小羅、君若不鎮撫其不設備乎、夫固謂君訓衆而好鎮撫之

〔注〕 撫小民以信也

〔傳〕 召諸司而勸之以令德

〔注〕 訓諸司以德也

〔傳〕 見莫敖而告諸天之不假易也

〔注〕 諸之也、言天不借貸慢易之人、威莫敖以刑也

〔傳〕 不然夫豈不知楚師之盡行也、楚子使賴人追之、不及

〔注〕 賴國在義陽隨縣、賴人仕於楚者

〔疏〕 大夫（ ）行也

正義に曰はく、大夫伯比の衆を濟せと言ふは、衆を益すの謂に非ざるなり。其れ此の伯比の意は當に、君は宜しく小人・士卒を撫慰するに言の信なるを以てし、諸司・長率を教訓するに令徳を以てし、而して莫敖を威懼するに刑罰を以てすべし、と謂ふべきなり。「莫敖、蒲騷の役に狃れる」の「狃」は、「貫」なり。蒲騷の勝を得るに貫れて、遂に勝を恃みて以て常と爲し、將に自ら其の心を用ひんとす。規諫を受けず、必ず羅の國を輕小して以て無能と爲す。君若し言辭・刑罰を以て之を鎮重・撫慰せざれば、莫敖は其れ將に備へを設けざらんとす。夫れ伯比を謂ふ。伯比の意は固より當に、君は衆民を教訓して好く言辭を以て之を鎮撫し、軍の諸司を召して之を勸勉するに善徳を以てし、莫敖を見て之に道を告げ、上天の意は慢易の人に借貸せず、慢の人をして勝を得

位し、公を稱す。曠しく年に君無からしむるべからざれば、則ち他國も亦同じきを知る。然れども、父未だ葬らざるに據りて、其の尊を伸ぶるを得ると雖も、若し以て鄰國に接すれば、則ち禮に違ひ、制を失ふなり」と。是れ先君未だ葬らざれば、則ち爵を稱し、君と成りて以て鄰國に接することを得ざるを言ふなり。杜(預)の「禮に違ひ、制を失ふ」と言ふ禮制も亦明文無し。案ずるに、文(公)八年に「八月、天王崩ず」とあり、九年の「春、毛伯來りて金を求む」の「傳」に曰はく、「王命を書せざるは、未だ葬らざればなり」と。彼は年を踰えて未だ葬らざるを以て、王命を稱するを得ず。是れ其の禮制をして未だ可ならざしむれば、此れを以て鄰國に接すれば則ち禮制に違ふと知るなり。

① 莊公十一年伝に「凡師、敵未陳曰敗某師、皆陳曰戰、大崩曰敗績、得僞曰克、覆而敗之曰取某師、京師敗曰京師敗績于某」とある。

② 隱(公)四年 隱公四年経に「戊申、衛州吁弑其君完、

夏、公及宋公遇于清、宋公・陳侯・蔡人・衛人伐鄭」とある。

③ 莊(公)二十六年 莊公二十六年経に「秋、公会宋人・

齊人伐徐」とあり、杜預注に「无伝、宋序齊上、主兵」とある。

④ 成公十六年経に「甲午晦、晋侯及楚子・鄭伯戰于鄆陵、楚子・鄭師敗績」とあり、杜預注に「楚師未大崩、楚子傷目而退、故曰楚子敗績」とある。

⑤ 莊(公)二十八年 莊公二十八年経に「二十有八年、春、王正月甲寅、齊人伐衛、衛人及齊人戰、衛人敗績」とあ

る。

⑥ 莊(公)二十八年 注⑤参照。

⑦ 「釋例」 『春秋釈例』喪称例第四十に見える。

⑧ 宋公・衛侯 成公二年経に「八月壬午、宋公鮑卒、庚寅、

衛侯速卒」とあり、三年経に「春、王正月、公会晋侯・宋公

・衛侯・曹伯伐鄭、辛亥、葬衛穆公、二月、公至自伐鄭、甲

子、新宮災、三日哭、乙亥、葬宋文公」とある。

⑨ 文(公)八年 文公八年経に「秋、八月戊申、天王崩」

とある。

⑩ 九年 文公八年経に「春、毛伯來求金、……辛丑、葬襄

王」と、「伝」に「毛伯衛來求金、非礼也、不書王命、未葬」

とあり、杜預注に「求金以共葬事也、雖踰年而未葬、故不称

王使也」とある。

〔經〕三月、葬衛宣公

〔注〕無傳

〔經〕夏、大水

〔注〕無傳

〔經〕秋、七月、冬、十月

〔傳〕十二年、春、楚屈瑕伐羅、鬬伯比送之、還、謂其御曰、莫敖

〔經〕 十有三年、春、二月、公會紀侯・鄭伯、己巳、及齊侯・宋公・衛侯・燕人戰、齊師・宋師・衛師・燕人敗績

〔注〕 大崩曰敗績、例在莊十一年、或稱人、或稱師、史異辭也、衛宣公未葬、惠公稱侯以接鄰國、非禮也

〔疏〕 公會 敗績

正義に曰はく、(本年)「傳」に「宋多く賂を鄭に責む。故に紀、魯を以て齊・宋・衛・燕と戰ふ」と稱す。然らば則ち此の戰ひの興るは本より宋・鄭相怨むに由り、復各々同好に連ぬと雖も、當に宋・鄭を以て主と爲すべし。其の序して、紀は鄭の上に在り、宋は齊の下に處するは、若し魯人與らずして鄰國自行けば、則ち主兵を以て先と爲す。若し魯と同行すれば、魯史の記す所は則ち當に魯を以て主と爲すべし。復主兵を先にするを得ざるも亦既に主兵を先にせずして、即ち大小を以て序を爲す。故に紀は鄭に先んずるなり。宋・齊をして主爲らしむるは、猶隱(公)四年の、州吁、鄭を伐ちて宋をして主爲らしむるがごとし。故に齊は宋に先んずるなり。此は公、會に在るを以ての故に、主兵を以て先を爲さず。尊卑もて序を爲すが故に、紀は鄭の先に在り。若し然らば、莊(公)二十六年に「宋人・齊人に會して徐を伐つ」とあり、杜(預)、「宋、兵を主る。故に齊の上に序す」と云ふ。彼は魯も亦在りて主兵を先にするは、彼は是れ魯の微人にして、會する所の國は又少なればなり。此は則ち公自ら會に在り、戰ふ所の國に及んでは、歴序すること又多し。故に彼とは同じからざるなり。

「戰」に「將」を稱し、「敗」に「師」を稱するは、是れ史策の常法なり。史の然る所以は、「師」は是れ「將」の帥る所に於て、「將」を擧げて重しと爲し、敗るれば則ち群師盡く崩る。

固より當に「師」を擧げて「敗」を言ふべし。若し其の「敗」に還つて「將」を書せば、則ち是れ將の身獨り敗れ、以て師の大崩を見すこと無し。故に「戰」には則ち「將」を稱し、「敗」には則ち「師」を稱す。其の衆師盡く敗るるを言ふにて、獨り將の身のみ敗るるには非ざるなり。此の「燕人」とは將を謂ふなり。楚師、目を傷つくが故に、「楚子、敗績す」と稱す。此に若し「燕人、敗績す」と云へば、則ち是れ燕の將の身傷つくなり。此れを以て師の敗を稱せざることを得ず。唯、莊(公)二十八年の「衛人、敗績す」は、常文に違ふのみ。

〔疏〕 注大崩 禮也

正義に曰はく、「史の異辭なり」と言ふは、莊(公)二十八年の「衛人、齊人と戰ふ。衛人敗績す」を決するなり。此の「敗」に「師」を稱して彼の「敗」に「人」を稱す、是れ史の異辭なり。史は一人に非ざれば、辭を立つること自づから異なり、褒貶の例には非ざるなり。此の二者、理に於いては則ち「師」は是にして、「人」は非なり。但、以て義と爲さざるが故に、合に各々其の本に従ふべきのみ。

杜(預)、「既に葬るを以て君と成ると爲す。則ち年を踰ゆと雖も、猶葬の訖はるを待つが故に、惠公を以て非禮と爲す。」〔釋例〕に曰はく、「父未だ葬らずして喪服身に在りと雖も、年を踰えれば則ち其の國內に於いて即位し、君を稱す。鄭を伐つ役の宋公・衛侯、是れなり。『春秋』に魯の事を書して、皆年を踰えて即

〔注〕城下盟、諸侯所深恥

〔疏〕注城下、深恥

正義に曰はく、宣(公)十五年「楚、宋を圍む」の「傳」に稱す、「華元、子反に謂ひて曰はく、敝邑、子を易へて食ひ、骸を析きて以て爨ぐ。然りと雖も城下の盟は、國を以て斃るること有るも、従ふこと能はざるなり」と。寧ろ、國を以て斃るるとも城下の盟に従ふことを肯せざるは、是れ其の深き恥ぢなり。必ず深き恥ぢを爲す者は、諸侯は當に好く四鄰に事へて以て社稷を衛り、時を相て動き、力を量りて行ふべきも、今乃ち怨みを彊敵に構へ、兵は城下に臨み、力屈して勢ひ沮み、服することを求めて盟を受く。是れ其の知らざることの甚しく、將に鄰國の笑ふ所と爲らんとす。故に深く之を恥づ。

① 宣(公)十五年 宣公十四年経に「秋、九月、楚子圍宋」

とあり、十五年伝に「宋人懼、使華元夜入楚師、登子反之牀、起之曰、寡君使元以病告曰、敝邑易子而食、析骸以爨、雖然、城下之盟、有以國斃、不能従也、去我三十里、唯命是聽」とある。

〔傳〕伐校之役、楚師分涉於彭

〔注〕彭水在新城昌魏縣

〔疏〕注彭水、魏縣

正義に曰はく、①『釋例』に云ふ、「彭水は新城の昌魏縣の東北より出で、南郷の筑陽縣に至りて漢(水)に入る」と。

① 『釋例』 『春秋釈例』土地名第四十四之三、水名の項に見える。

〔傳〕羅人欲伐之、使伯嘉謀之、三巡數之

〔注〕羅熊姓、國在宜城縣西山中、後徙南郡枝江縣、伯嘉羅大夫、謀伺也、巡徧也

〔疏〕注羅熊、徧也

正義に曰はく、「羅は熊姓」とは、①『世本』の文なり。②『說文』に云ふ、「軍中の反間なり」と。詐りて敵國の人と爲りて其の軍中に入り、間隙を伺候して以て反りて其の主を報ずるを謂ふ。故に此(杜預注)に「謀」を訓じて「伺」と爲し、而して兵書に之を「反間」と謂ふなり。「巡は徧なり」とは、巡遊して徧く之を行ふを謂ふ。

① 『世本』 本疏引。

② 『說文』 『說文解字』言部に「謀、軍中反間、从言某声」とある。

③ 兵書 『孫子』用間に「反間者、因其敵間而用之」とある。

宋に信無く、我に辭有りて以て宋を責む。宋をして敢へて我に敵せしめざれば、我は自づから獨戰もて文を爲す。郎の戰ひは、我に辭有るが故に、「戰」を言ひて「伐」を言はず。此の戰ひは、宋に辭無きが故に、「伐」を言ひて「與宋戰——宋と戰ふ」を言はず。二者、文皆獨戰にして義は彼此に存すと雖も、俱に是れ善惡殊なること有りて、相敵することを得ざるが故なり。

① 莊（公）二十八年 莊公二十八年経に「春、王三月甲寅、齊人伐衛、衛人及齊人戰、衛人敗績」とある。

② 莊公十一年伝に「凡師、敵未陳曰敗某師、皆陳曰戰、大崩曰敗績、得僞曰克、覆而敗之曰取某師、京師敗曰王師敗績于某」とある。

③ 十年 桓公十年経に「冬、十有二月丙午、齊侯・衛侯・鄭伯來戰于郎」とあり、「伝」に「冬、齊侯・衛侯・鄭伯來戰于郎、我有辭」とある。

〔傳〕十二年、夏、盟于曲池、平杞・莒也

〔注〕隱四年、莒人伐杞、自是遂不平

〔傳〕公欲平宋・鄭、秋、公及宋公盟于句瀆之丘

〔注〕句瀆之丘即穀丘也、宋以立厲公、故多責賂於鄭、鄭人不堪、故不平

〔傳〕宋成未可知也、故又會于虛、冬、又會于龜、宋公辭平、故與鄭伯于武父

〔注〕宋公貪鄭賂、故與公三會、而卒辭不與鄭平

〔傳〕遂帥師而伐宋、戰焉、宋無信也、君子曰、苟信不繼、盟無益也、詩云、君子屢盟、亂是用長、無信也

〔注〕詩小雅、言無信、故數盟、數盟則情疏、情疏而憾結、故云長

亂

〔傳〕楚伐絞、軍其南門、莫敖屈瑕曰、絞小而輕、輕則寡謀、請無

扞采樵者、以誘之

〔注〕扞衛也、樵薪也

〔傳〕從之、絞人獲三十人

〔注〕獲楚人也

〔傳〕明日絞人爭出、驅楚役徒於山中、楚人坐其北門、而覆諸山下

〔注〕坐猶守也、覆設伏兵而待之

〔傳〕大敗之、爲城下之盟而還

〔經〕公會宋公于虛

〔注〕虛宋地

〔經〕冬、十有一月、公會宋公于龜

〔注〕龜宋地

〔經〕丙戌、公會鄭伯盟于武父

〔注〕武父鄭地、陳留濟陽縣東北有武父城

〔經〕丙戌、衛公晉卒

〔注〕無傳、重書丙戌、非義例、因史成文也、未同盟、而赴以名

〔疏〕注重書く以名

正義に曰はく、『春秋』の中、唯此のみ重ねて日を書す。其の餘も亦應に一日に兩事有りて各々日を書すべき者は、但更に其の日無くんば、復知るべからず。赴告の體を計るに、本より應に日を以て告ぐべし。史官策に書するに、復應に各々其の日を書すべし。但他國の告に或ひは詳略有り、魯史の記注多く舊章に違ふ。日すると日せざらしむるに致りては復定準無く、其の仲尼「經」を書するに及んでは、日月を以て褒貶せず。或ひは略、或ひは詳にして此れ急にす所に非ず。故に日月の詳略は皆舊文に依る。

此に重ねて「丙戌」を書するは、是れ義例に非ず。舊史重ねる所を以ての故に、史の成文に因るのみ。

〔經〕十有二月、及鄭師伐宋、丁未、戰于宋

〔注〕既書伐宋、又重書戰者、以見宋之無信也、莊十一年傳例曰、皆陳曰戰、尤其無信、故以獨戰爲文

〔疏〕注既書く爲文

正義に曰はく、『春秋』の例、「戰」に「伐」を言はざるは、其の伐は知るべきを以ての故に、其の文を略するなり。「伐」とは、罪有るを討つる辭なり。「戰」を言ひて又「伐」を言ふは、皆是れ彼の伐つ所の國を罪す。此（杜預注）の「既に宋を伐つと書し、又重ねて戰を書するは、以て宋の信無きを見ず」とは、言ふところは、鍾鼓を以て其の罪を聲して之を伐つも、彼は罪に服さずして反つて我と戰ふ。深く之を責むる所以なり。① 莊（公）二十八年に「齊人、衛を伐つ。衛人、齊人と戰ふ」と。此の文も亦彼（莊公二十八年）の如くなるべく、宜しく「及宋人戰——宋人と戰ふ」と云ふべし。今、直ちに「戰于宋——宋に戰ふ」と言ふは、其の信無きを尤むるが故に、獨戰を以て文を爲す。② 皆陳するを戰と曰ふの「戰」は、是れ敵するの辭なり。「及宋戰——宋と戰ふ」と言はざれば、宋をして敵することを得さしめざるなり。③ 十年の郎の戰ひは、我に禮有りて彼に禮無く、齊・鄭に辭無くして以て我を罪す。我と彼とをして敵せしめざれば、彼（郎の戰ひ）は自づから獨戰もて文を爲す。此の戰ひは、我に信有りて

厲公を弑す。而して躍立つ。是れ利公爲り。利公立つこと五月にして卒す。林立つ。是れ莊公爲り」と。⑤「傳」を案ずるに、五父と佗は一人なれども、⑥「世家」は以て二人と爲す。「經」を案ずるに、蔡人の佗を殺すは（陳の）桓公卒するの明年に在れば、佗の立つこと七年と爲すを得ざるなり。佗は（桓公の）六年を以て殺され、躍は此の年を以て始めて卒すれば、躍の立つこと五か月と爲すを得ざるなり。既に佗を以て厲公と爲し、又妄りに躍を稱して利公と爲すは、『世本』に本より「利公」無ければ、皆是れ馬遷の妄説なり。⑧東哲言ふ、「馬遷、一人を分けて以て兩人と爲すは、無を以て有と爲すなり」とは、此の事を謂ふなり。

壬辰は是れ七月二十三日にして、上に七月有れども八月の下に書す。此くの如き類は、（杜預）注に皆之を「日誤り」と謂ふ。今「赴ぐるに從ふ」と言ふは、其の終に通ずべからざるを以て、蓋し兩解せんと欲するが故なり。⑨「五年、正月甲戌、己丑、陳侯鮑卒す」を以てすれば、「甲戌」は正月の日に非ざるも而も正月を以て文を起す。「傳」に「再び赴ぐ」と言へば、是れ赴ぐるに正月を以てするなり。彼は十二月の日を以て、正月に魯に赴ぐると爲す。赴ぐるは、或ひは前月の日を以て後月に從ひて赴ぐることに有るを知る。故に此れに因りて以て別意を示す。

① 『世本』 本疏引。

② 莊（公）二十二年傳 莊公二十二年伝「陳厲公蔡出也、故蔡人殺五父而立之、生敬仲」とあり、杜預注に「五父陳佗也、殺陳佗在桓六年也」とある。

③ 六年 桓公六年経に「蔡人殺陳佗」とある。襄公二十五

年伝に「桓公之乱、蔡人欲立其出、我先君莊公奉五父而立之、蔡人殺之、我又与蔡人奉戴厲公、至於莊・宣、皆我之自立」とある。

④ 「陳世家」 『史記』陳・紀世家に「二十三年、平公卒、子文公圉立、文公元年、娶蔡女、生子佗、十年、文公卒、長子桓公鮑立、……三十八年、正月甲戌、己丑、陳桓公鮑卒、桓公弟佗、其母蔡女、故蔡人為佗殺五父及桓公太子免、而立佗、……七年、厲公所殺桓公太子免之三弟、長曰躍、中曰林、少曰杵臼、共令蔡人誘厲公以好女、与蔡人共殺厲公、而立躍、是為利公、利公者桓父子也、利公立、五月卒、立中弟林、為莊公、莊公七年卒、少弟杵臼立、是為宣公」とある。

又「田敬仲完世家」に「陳完者、陳厲公他之子也、……厲公者、陳文公少子也、其母蔡女、文公卒、厲公兄鮑立、是為桓公、桓公与他異母、及桓公病、蔡人為他殺桓公鮑及太子免而立他、為厲公」とある。

⑤ 「傳」 注②③参照。

⑥ 「世家」 注④参照。

⑦ 「經」 桓公五年経に「春、正月甲戌、己丑、陳侯鮑卒、……葬陳桓公」とあり、六年経に「蔡人殺陳佗」とある。

⑧ 東哲 『五経通論』（玉函山房輯佚書所収）本疏引。

⑨ 五年 桓公五年経に「春、正月甲戌、己丑、陳侯鮑卒」とあり、杜預注に「甲戌前年十二月二十一日、己丑此年正月六日」とある。

⑩ 「傳」 桓公五年伝に「春、正月甲戌、己丑、陳侯鮑卒、再赴也」とある。

春秋正義 詁註 (十)

(國語) 枅 本 紘 二

The Japanese Translation and Annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義) Part 10

Hiroji MASUMOTO

This paper is part 10 of the Japanese translation and annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義).

Part 10 contains the 12th, 13th, 14th, 15th, 16th, 17th, and 18th year of duke *Huan* (桓公).

〔經〕 十有二年、春、正月、夏、六月壬寅、公會杞侯・莒子盟于曲池

〔注〕 無傳、厲公也、十一年、與魯大夫盟於折、不書葬、魯不會也、壬辰七月二十三日、書於八月、從赴

〔注〕 曲池魯地、魯國汶陽縣北有曲水亭

〔疏〕 注厲公、從也

〔經〕 秋、七月丁亥、公會宋公・燕人盟于穀丘

正義に曰はく、躍を厲公と爲すは、①『世本』の文なり。②莊(公)二十二年傳に曰はく、「陳の厲公は蔡の出なり。故に蔡人、五父を殺して之を立つ」と。五父は即ち佗なり。③六年に、佗を殺して厲公立つなり。④「陳世家」に、佗と五父とを以て二人と爲して言ふ、「蔡人、佗の爲に五父及び桓公の太子免を殺して佗を立つ。是れ厲公爲り。立ちて七年、太子免の三弟の躍・林・杵臼、共に

〔注〕 穀丘宋地、燕人南燕大夫

〔經〕 八月壬辰、陳侯躍卒

編 集 委 員

茶	木	正	吉
川	尻	武	信
京	免		進
野	村	利	英
中	野	修	治
西	村	光	正

呉工業高等専門学校  
研究報告

第21卷 第2号(1986)  
(通卷 第37号)

昭和61年2月印刷  
昭和61年2月発行

編集者 呉工業高等専門学校  
発行者

〒737 呉市阿賀南2丁目2-11  
電話 (0823) 71-9121

印刷所 たくみ印刷株式会社

〒733 広島市西区井口明神  
2丁目1-21  
電話 (082) 278-2111

# MEMOIRS OF THE KURE TECHNICAL COLLEGE

Vol. 21, No.2 (Consecutive No.37)  
February, 61st Year of Showa (1986)

1.	How to Systematize a Student-Centered English Learning Class English As Communication (II).....	Yoji SHIRAKAWA	1
2.	A Method of Drawing General Quadratic Surfaces by Micro-Computer .....	Shozo OKANAKA	11
3.	Drawing The Solid Figure by Personal Computer.....	Michie KOYAMA	19
4.	A Study of Color Temperature of Tungsten Halogen Lamps by Dimming .....	Kazuhiko HARADA	27
5.	A Simplified Logic Simulator.....	Sinji WATAI	31
6.	Electron Energy Distribution Function (calculation 3).....	Tsutomu YAMAZAKI	39
7.	On the Effect of the Rainfall, Topographical and Engineering Property of Soils on the Slope Failure Disaster at Kure City (Report 2).....	Kenzo HOSHI Yoshiharu ISHII	51
8.	Schubtraglastversuche der Stahlbetonbalken mit Rechteckquerschnitt bei Längszugkraft.....	Syuji NAKANO Takahiro TAMURA Tsunemi SHIGEMATSU Takashi HARA	61
9.	The Diagram of the Ancient Chinese Kinship System.....	Hiroji MASUMOTO	88
10.	The Japanese Translation and Annotation of <i>Chung-qiū Zheng-yi</i> Part10 .....	Hiroji MASUMOTO	120