

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第24巻 第2号 (通巻第43号)

平成元年2月 (1989)

目 次

1. Effect of TiN-coated Film on Seizure in Four Ball Test ... Hiromasa NADANO Masaki KOHNO Teocasimiro O. PRADO	1
2. 小型変形蛍光ランプの光束の温度特性 原 田 一 彦 山 崎 勉	11
3. ホローカソード中のアルゴン準安定原子密度の測定 山 崎 勉	15
4. コンピュータの機械語命令ミックスに対する MSPS 値の導出 について 鈴 村 信 也	25
5. 鉄筋コンクリート耐震壁の壁配筋に関する研究 福 原 安 洋	35
6. 春秋正義訳註 (古) 枡 本 紘 二	46

Effect of TiN-coated Film on Seizure in Four Ball Test

(Department of Mechanical Engineering)

Hiromasa NADANO

(Department of Mechanical Engineering)

Masaki KOHNO

Teocasimiro O. PRADO*

To clarify the effect of TiN coating on seizing resistance, wear resistance and frictional characteristics of steel balls, tests have been run using the Soda-type four ball testing machine. From the test results, it was found out that the seizing resistance of the stationary and rotatory balls coated with the TiN film is about 5 times larger than the uncoated balls. Furthermore, the TiN coating has a significant effect on decreasing the frictional force generated on the contacting surface.

1. INTRODUCTION

Previously, bench tests have been carried out on the performance of the gears coated with soft materials, such as MoS_2 ¹⁾, Cu ²⁾, graphite³⁾ and etc. with respect to scoring. It was clarified that the scoring resistance of the gears is increased due to those soft coatings. Lately, cutting tools and some machine parts which are coated with hard materials such as TiN and TiC, are becoming popular because of its significant effect on increasing wear resistance and also wear life. The authors⁴⁾ have been investigated the wear life and the frictional characteristics of the balls coated with TiN when the tests were carried out at the room temperature. However, it is necessary to clarify the wear and frictional characteristics of TiN coating at high temperature since the bulk temperature of the gears run at high speed and under high load remarkably increases.

In this report, the effect of TiN coating on seizure at relative high oil temperature was clarified using Soda-type four ball testing machine. The seizure load, the diameter of wear scar, the coefficient of friction and the surface temperature of the balls at different combinations of the ball pair were investigated.

2. EXPERIMENTAL METHOD

For investigating the seizure load and the frictional characteristics of the ball coated with the TiN film,

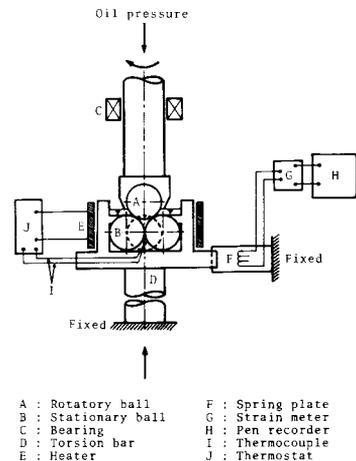


Fig. 1 Schema of four ball testing machine

*Technological University of the Philippines
(Integrated Research and Training Center)

tests have been carried out by a Soda-type four ball testing machine shown in Fig. 1.

Test ball

The diameter and the average sphericalness of the balls before coating with the TiN film are 19.05 mm and 0.18 μm Rmax, respectively. The chemical compositions of the ball material are

Table 1 Chemical composition of ball material

Composition %					
C	Si	P	S	Cr	Mn
0.98	0.32	0.019	0.007	1.40	0.42

Table 2 Combination of ball pair

Ball pair	Stationary	Rotatory
A	Uncoated	Uncoated
B	Coated	Uncoated
C	Uncoated	Coated
D	Coated	Coated

given in Table 1. The balls were normalized at 443 K after quenched from 1173 K. The surface of the balls before coating had a Vickers microhardness of approximately 800 HV. The TiN coating was deposited by physical vapour deposition. The coating thickness of the TiN film was measured to be about 2 μm . The hardness and the surface roughness on the TiN film were 2000 HV and 0.22 μm Rmax, respectively.

Tests were performed with four types of combination of the ball pair as shown in Table 2.

Lubricating oil

The balls were lubricated with number 140 turbine oil (with viscosities of 28×10^{-6} m²/s at 323 K and 8×10^{-6} m²/s at 363 K), which was straight mineral oil without additives, and the oil temperature was controlled to 373 ± 5 K by a thermostat. The rotatory ball (upper ball) was immersed about 1/3 diameter deep into the oil bath.

Test procedure

Tests were performed at two sliding velocities $V_s = 0.173$ m/s and 0.461 m/s until seizure of the ball occurs. The normal load acting on the balls was applied by exerting oil pressure on a bowl in the test machine. With regards to the measurement of the frictional force occurred during the test, the displacement of the spring plate contacted to a part of a bowl was detected by a strain gauge and recorded by a pen recorder.

The oil was heated by a heater mounted around the bowl until the temperature reached to about 373 ± 5 K. The normal load per unit ball was increased by about 40 N increments at 30 s intervals. In this case, the load was increased for initial 15 s and was kept for 15 s.

3. TEST RESULTS AND DISCUSSION

3.1 FRICTIONAL FORCE

As an example, the variation in the frictional force for ball pair C against the load is shown in Fig. 2. The variation in the frictional force makes a very interesting behavior. That is, after the steady state in which the increment in the frictional force against the load continuously increased was finished, the frictional force was irregularly varied with a short frequency. However, it is

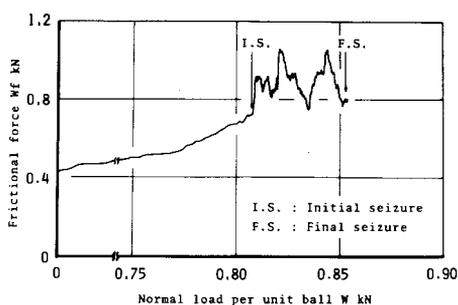


Fig. 2 Variation in frictional force against load for ball pair C

possible to be continued the test until the destructive damage by seizure occurred. In this report, the above-cited phenomenon is considered to be an incipient stage for seizure, and it is termed an initial seizure of the ball (indicated by the symbol I. S.). The load at which the initial seizure was observed was varied with the combination of the ball pairs. After initial seizure was finished, the destructive damage by seizure was occurred, and then the testing machine was stopped. The above-cited phenomenon is considered to be a final stage

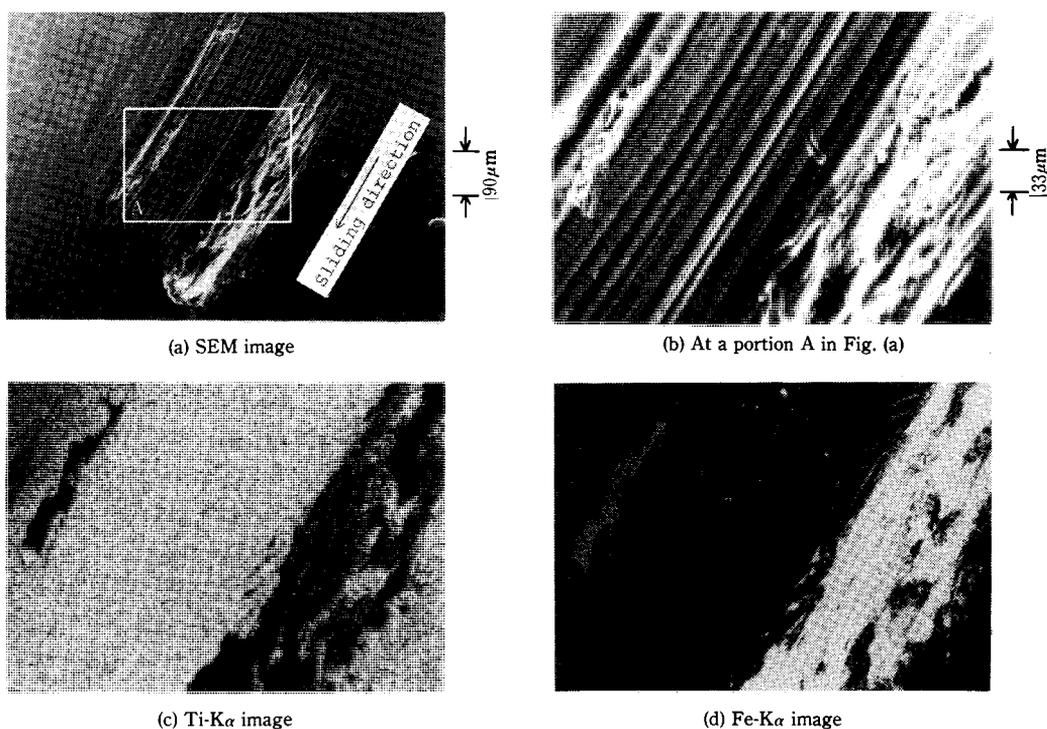


Fig. 3 EPMA analysis of scratching wear scar of stationary ball at initial seizure

for seizure, and it is termed a final seizure of the ball (indicated by the symbol F. S.).

Figures 3 and 4 show the EPMA analysis on the scratching wear scar of the stationary ball at the load corresponding to the symbols I. S. and F. S. in Fig. 2.

Figure 3(a) shows the secondary electron image (SEM image) of the wear scar at the initial seizure. The scratching debris occurred in the direction of the sliding was observed. The degree of the damage by seizure in the vicinity of the upper portion of the wear scar was destructive. Figure 3(b) shows the SEM image at a portion A in Fig. 3(a). Figures 3(c) and (d) show the

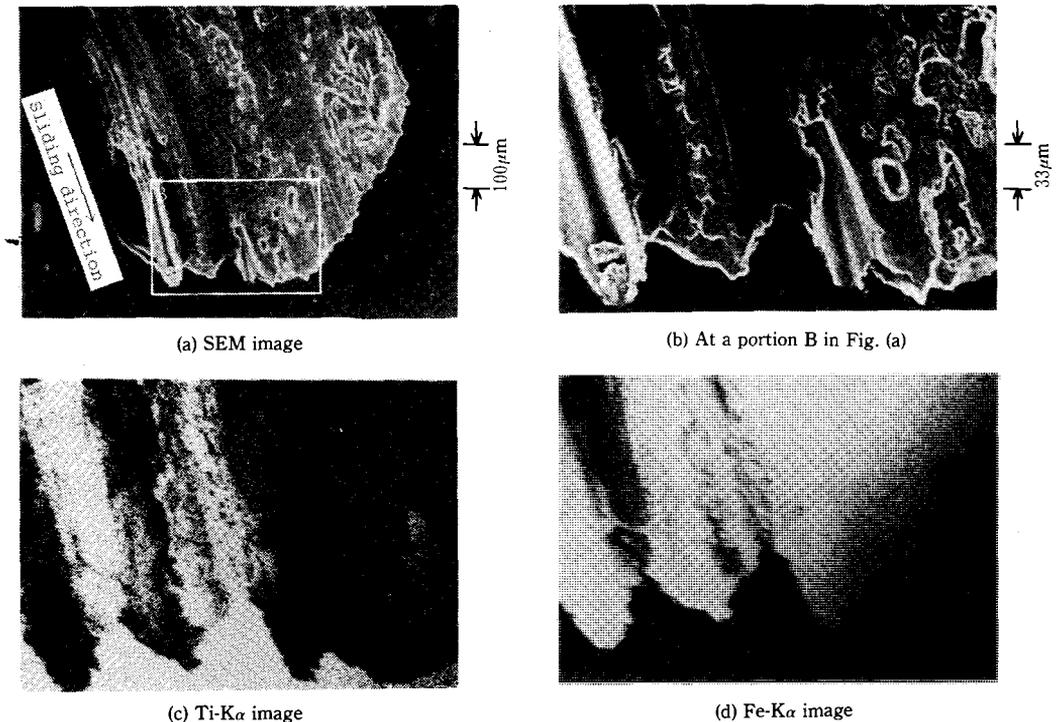


Fig. 4 EPMA analysis of scratching wear scar of stationary ball at final seizure

Ti-K α image and the Fe-K α image at the same portion of the scratching debris as in Fig. 3(b). The TiN coated film at the scratching debris in which the degree of the damage was destructive was torn down, and a part of the matrix of the material of the ball was observed on its debris. However, the particles of Titanium were present at the wear scar in which the degree of the damage was light. From these photographs, it can be found that the TiN coated film is formed enough within the conjunctural area at the incipience of the surface damage by seizure, and the film significantly affects the irregular behavior of the frictional force against the load.

Similarly, Figs. 4(a), (b), (c) and (d) show the SEM image, Ti-K α image and Fe-K α image of the wear scar at the final stage of seizure, respectively. The particles of Titanium distributed on the scratching debris could not be so much observed, and a large part of the matrix of the material of the ball was exposed on the wear scar. The degree of the surface damage by seizure was destructive.

3.2 WEAR SCAR

The relationship between the diameter d of wear scar of the stationary balls and the normal load W applied per unit ball is shown in Figs. 5(a) and (b) at sliding velocity $V_s=0.173$ m/s and $V_s=0.461$ m/s, respectively. The diameter of wear scar is the mean value of the three stationary balls measured perpendicular to the sliding direction. The load was removed after the tests were run for 30 s at an initial normal load of $W=0.09$ kN, at the sliding velocity of 0.173 m/s and at a constant oil temperature of 373 ± 5 K. In the case of 0.17kN, the load was increased by about 40

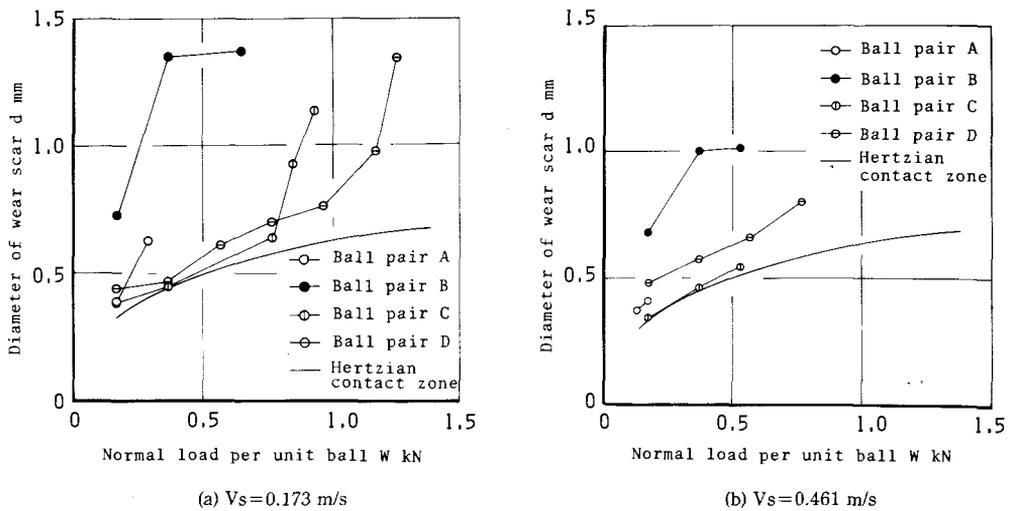


Fig. 5 Relation between diameter of wear scar of stationary ball and load

N, increments in 30 s intervals from $W = 0.09$ kN to $W = 0.17$ kN. After running for 30 s at $W = 0.17$ kN, the test was stopped and the stationary balls were removed and the diameter of wear scar was measured. On the succeeding tests, the balls and the lubricating oil were replaced by new ones. Similarly, the diameter of wear scar at every load was measured with the above-mentioned method.

At $V_s = 0.173$ m/s, the diameters of wear scar for ball pairs A, C and D were a little larger than that of the Hertzian contact zone. For the case of ball pair C, the diameter of wear scar when the load W lay between 166 N and 811 N was a little larger than the Hertzian contact zone. When the load exceeded 0.85 kN, the diameter of wear scar was suddenly increased. In this case, the TiN coated film was perfectly removed from the conjunctural area on the stationary ball. On the other hand, the diameter of wear scar for ball pair B significantly increased with increasing load, and it was the largest for all the ball pairs. According to the visual inspection of the wear scar, it can be seen that the degree of the surface damage due to an abrasive wear for the case of ball pair

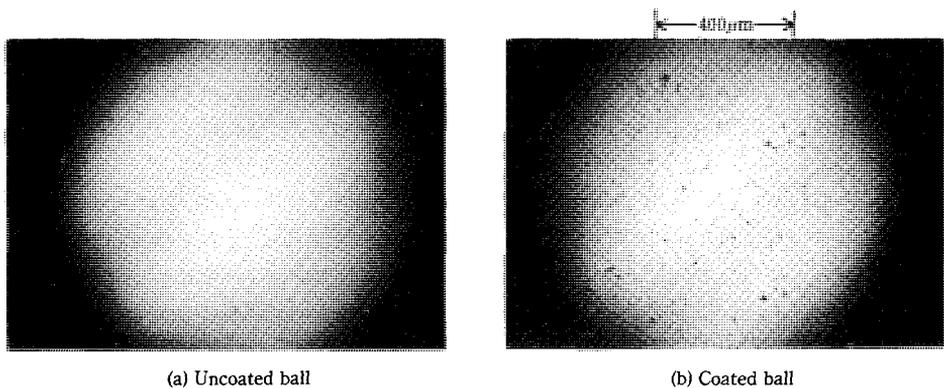


Fig. 6 Micrographs of uncoated and coated balls

B is remarkable. The conjunctural area on the uncoated stationary ball can be considered to be scratched by the asperities with high hardness which are distributed on the coated rotatory ball as shown in Fig. 6 (in this figure, a small black spot indicates the small particles deposited on the surface during the operation of TiN coating).

At $V_s=0.461$ m/s, the variation in the diameter of wear scar for the ball pairs against the load was similar to that at $V_s=0.173$ m/s. However, the diameter of wear scar was larger than that of wear scar at $V_s=0.173$ m/s because the total length of the wear track while the tests are running at $V_s=0.461$ m/s is about 2.7 times longer than that at $V_s=0.173$ m/s and wear on the conjunctural area is progressed.

3.3 COEFFICIENT OF FRICTION

In the relationship between the coefficient of friction and the normal load W is shown in Figs.

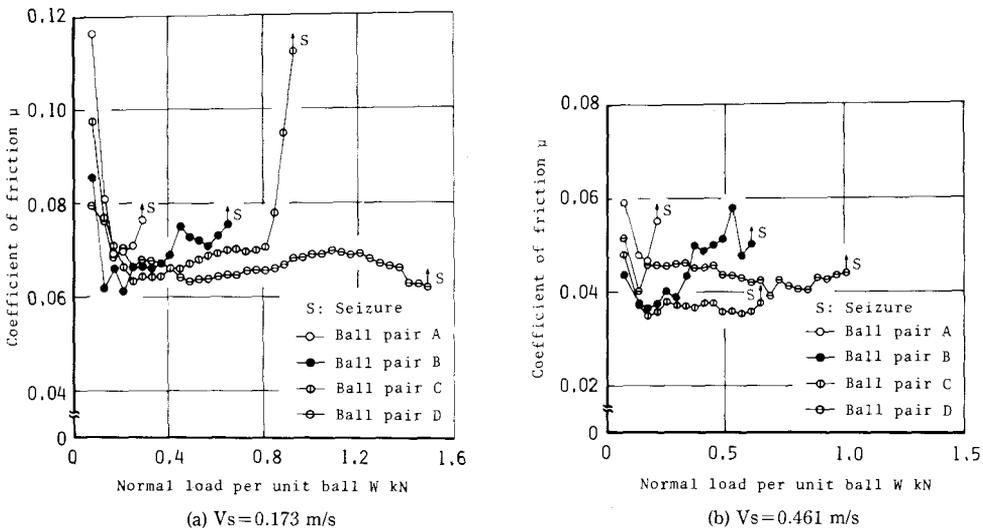


Fig. 7 Relation between coefficient of friction and load

7(a) and (b) at $V_s=0.173$ m/s and $V_s=0.461$ m/s, respectively. The measurement of the coefficient of friction was carried out twice for each ball pair. As two measured values of the coefficient of friction have similar tendency, the mean value of the measured values is shown. The symbol S indicates that seizure occurred at the next load stage at least once in the two time experiments.

At $V_s=0.173$ m/s, for all the ball pairs, the coefficient of friction just after running the test had a maximum value, and it rapidly decreased with increasing load. After that, the coefficient of friction had a constant value regardless of the load and/or the increment of the coefficient of friction against the load was very small. However, just before seizure occurred, the coefficient of friction suddenly increased except ball pair D.

After the running-in was finished, that is, when the load exceeded 0.40 kN, the coefficient of friction for ball pair D was the smallest for all the ball pairs. With respect to this behavior, it

seems that the smoothability of the conjunctural area for ball pair D is more progressive than that for the other ball pair since the asperities with high hardness which are deposited on the surface are torn down due to the abrasives under a sliding contact for the case of the ball pair with coated rotatory and stationary balls.

At $V_s=0.461$ m/s, the variation in the coefficient of friction against the load for the ball pairs was similar to that at $V_s=0.173$ m/s. However, the coefficient of friction was smaller than that at $V_s=0.173$ m/s because the sliding velocity is larger than that at $V_s=0.173$ m/s, and consequently the oil film thickness formed on the conjunctural area of the balls at $V_s=0.461$ m/s is larger than that at $V_s=0.173$ m/s.

3.4 SEIZURE LOAD

The seizure load W for each ball pair at $V_s=0.173$ m/s and $V_s=0.461$ m/s is shown in Fig. 8.

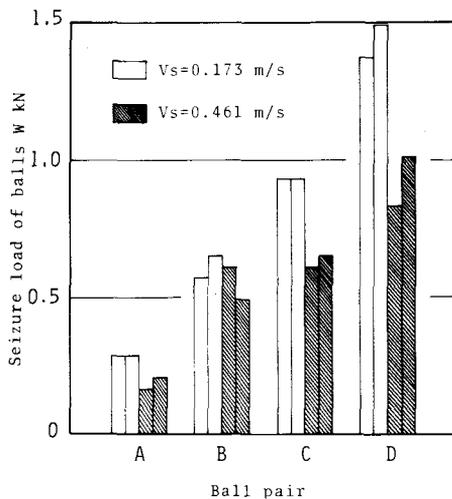


Fig. 8 Variation in seizure load for ball pairs

The measurement of the seizure load was carried out two trials with each ball pair. The seizure load indicates the normal load per unit ball corresponding to the final load in which the tests can not be carried out due to seizure. From this figure, it can be seen that the seizure loads for the ball pairs at $V_s=0.173$ m/s are smaller in the descending order of ball pairs D, C, B and A. Further, the seizure load for ball pair D of which the stationary and rotatory balls are coated is approximately 5 times larger than that for ball pair A without coating. Therefore, TiN-coating plays a significant role in increasing seizure load of the ball. Also, the TiN film coated on the stationary ball is more effective for the seizure load of the ball than that coated on the rotatory ball.

At $V_s=0.461$ m/s, the behavior of the seizure load for the ball pairs was similar to that at $V_s=0.173$ m/s. However, the seizure load for each ball pair was smaller than that at $V_s=0.173$ m/s.

3.5 FLASH TEMPERATURE RISE

The Hertzian contact stress on the conjunctural area of the balls corresponding to the normal load per unit ball $W=0.13$ kN just after the tests were started is about 240 MPa. As the compressive yield strength of the balls before TiN coating is approximately 226 MPa⁵⁾, it can be considered that the contact surface of the ball is plastically deformed even at its load, and the distribution of the heat intensity generated by friction is uniform over a circle with a diameter d .

On the other hand, the effect of the thermal properties and the thickness of the TiN film on the flash temperature rise for the case of the composite solids of which the thermal properties of

Table 3 Values of thermal properties
of TiN⁽⁶⁾ and SUJ2⁽⁷⁾

Material	Thermal conductivity K , W/(mK)	Thermal diffusivity κ , m ² /s
SUJ2	27.6	7.74×10^{-6}
TiN	20.0	5.25×10^{-6}

the coated film are different from those in the core of the ball is negligible because the calculated values of the parameters W and δ^1 , which are expressed by the ratio of the thermal contact coefficient of the coated film to that of the core, and expressed by the ratio of the contact width to the thickness of the coated film, are about 1.14 and 6.25×10^{-3} , respectively. The values of the thermal properties of TiN coating and SUJ2 material are shown in Table 3. Therefore, the following equation⁽⁵⁾ is used for evaluating the flash temperature rise in the conjunctural area of the balls under a pure sliding contact.

$$\theta = \frac{2\mu WV \sqrt{\frac{2\kappa_1}{\pi V}}}{\pi r K_1 \left(\frac{K_2}{K_1} 2 \sqrt{\frac{2\kappa_1}{\pi V}} + \sqrt{r} \right)}$$

- where
- θ : Flash temperature rise, K
 - r : Radius of heat source, m
 - V : Moving velocity of heat source, m/s
 - κ : Thermal diffusivity, m²/s
 - K : Thermal conductivity, W/m K
 - W : Normal load, N
 - μ : coefficient of friction

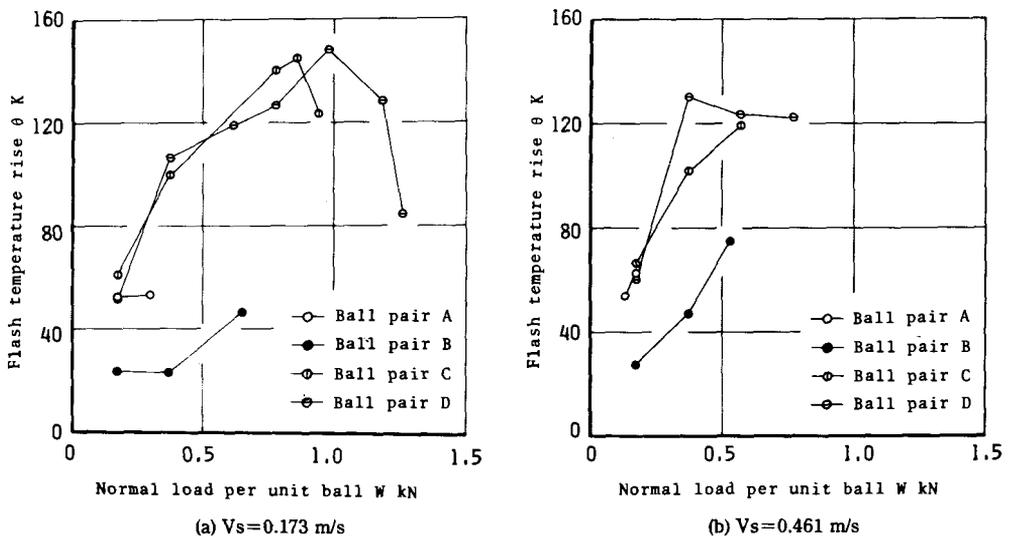


Fig. 9 Variation of flash temperature against load

Figures 9 (a) and (b) show the variation in the flash temperature rise on the conjunctional area of the ball against the load at $V_s=0.173$ m/s and $V_s=0.461$ m/s, respectively, which is calculated by substituting the measured values of the coefficient of friction and the diameter of wear scar into the above-cited equation.

At $V_s=0.173$ m/s, the calculated value of the flash temperature rise with ball pair B was lowest for all the ball pairs. With ball pairs C and D, the flash temperature rise increased with increasing load to about 150 K, and then remarkably decreased with increasing load because the diameter of wear scar increased and the heat intensity distributed on the conjunctional area decreased.

If the oil temperature in the tests is assumed to be a bulk temperature of the ball, the sum of the flash temperature rise and the oil temperature which is regarded as the critical temperature for seizure was approximately 523 K with ball pairs C and D. For the case of ball pair A, the critical temperature for seizure was about 326 K. Therefore, it can be seen that the seizure resistance of the ball was increased due to TiN coating.

At $V_s=0.461$ m/s, the variation in the calculated value of the flash temperature rise against the load for the ball pairs was similar to that at $V_s=0.173$ m/s, and the calculated value of the flash temperature was higher than that at $V_s=0.173$ m/s.

The calculated value of the EHD film-thickness h_{\min} ⁸⁾ at the load 0.13kN and at $V_s=0.461$ m/s for the case of ball pair A was approximately $4.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}$. The value of λ ⁹⁾, defined as the ratio of the oil film thickness to the combined surface texture, with ball pair A was about 0.02. Therefore, it can be found that the tests were run under boundary lubricating condition.

4. CONCLUSION

The effect of the TiN coated film on the wear and frictional characteristic at high temperature was investigated using four ball testing machine. From the test results, the following conclusions can be obtained:

(1) At comparatively low load, the diameters of the wear scar with ball pair A, C and D were a little larger than the Hertzian contact zone. However, in the vicinity of the load at which seizure occurred, the diameter of wear scar remarkably increased with increasing load.

(2) Just before test were started, the coefficients of friction for all the ball pairs have maximum value, and then it suddenly decreased due to the progress of the smoothability of the coated film. After that, the coefficient of friction had a constant value regardless of the load. The coefficient of friction for the ball pair coated with the TiN film was smallest for all the ball pairs, and the coated film was effective for decreasing frictional force generated on the contacting surface.

(3) The significant role of the TiN coated film in increasing seizure load of the ball pair D of which the stationary and rotatory balls are coated was approximately 5 times larger than that for ball pair A without coating.

REFERENCES

- (1) Y. Terauchi, H. Nadano, & M. Kohno, *Trans., ASME, J. Mech. Transm. Auto. Des.* Vol.108, No. 1 (1986), 127-134.
- (2) Y. Terauchi, H. Nadano, & M. Kohno, *Bull. JSME*, Vol.27, No.232 (1984), 2287-2294.
- (3) Y. Terauchi, M. Kohno, H. Nadano, & Y. Nakamoto, *Bull. JSME*, Vol.29, No.247 (1986), 235-240.
- (4) M. Kohno, H. Nadano, & Y. Terauchi, *Preprint of J.S.D.D.*, No.7 (1988), (in Japanese), 23-28.
- (5) Y. Terauchi & H. Nadano, *Bull. JSME*, Vol.25, No.205 (1982), 1143-1148.
- (6) T. Sugita, *Machine works of ceramics* (in Japanese), Yokendo, Tokyo, Japan (1985), 44.
- (7) Committee of Department of High Temperature Strength in Japan Society of Metal, *Data of Physical Properties of Metals* (1969) (in Japanese).
- (8) D. Dowson, *Elastohydrodynamics. Proc. Instn. Mech. Engrs.*, Vol.182, Pt. 3A, (1967-68), 151-167.
- (9) E. J. Wellauer & G. A. Holloway, *ASME. J. Eng. Ind.*, Vol.98, No 2 (1972), 626-634.

(Received October 15, 1988)

小形変形蛍光ランプの光束の温度特性

(電気工学科) 原 田 一 彦
(電気工学科) 山 崎 勉

Temperature Characteristics of Luminous Flux of Compact Fluorescent Lamps

Kazuhiko HARADA
Tsutomu YAMAZAKI

Fluorescent Lamps in the shape of a straight tube are known to be the most effective when the temperature is between 20°C and 25°C. The characteristics of the temperature of luminous flux are examined on a compact fluorescent lamp of a three-band type.

The following results were obtained;

At the fluorescent lamp in the shape of an electric bulb, and of the choke coil type the luminous flux does not change very much for the temperature, on the other hand, at the fluorescent lamp of the electronic type it shows a U shape.

The lamp of a 4-limbed tube type shows the same characteristics as the lamp of the straight tube type. The lamp of a 2-limbed tube type shows the best efficiency when it is 3°C or 4°C colder than at that of a 4-limbed type.

§ 1 まえがき

白熱電球の特長は、安価で使用が軽便であり、安定器および始動回路を必要とせず、したがって、器具も軽く簡単なものができる。また、ランプおよび器具の更新が容易にできる点である。これに比べ、従来の直管形蛍光ランプは、ワット数が大きくなると長さが長くなるので器具も長大となり、取扱いは手軽ではなかった。しかし、電球代替用としてE26口金を使用し、安定器回路を内蔵した電球形蛍光ランプを筆頭に、小形変形蛍光ランプが数種類開発され実用化されるにいたって、その軽便さは一新された。しかし、小形になったために生じる問題もあり、それらに対する改善もなされている。前回は、電源の変化による分光分布の変化を検討したが¹⁾、今回は、光束の温度特性を測定し検討することとした。

§ 2 小形変形蛍光ランプの温度に対する考慮

ランプを小形にすると、熱容量が小さくなるので周囲温度の変化の影響を受けやすくなる。また、熱放射も悪くなることがある。ランプは、常温で最高効率となるよう最冷部温度（水銀蒸気圧）を定

めているが、小形化による温度変化の影響の対策として次のような方法が採用されている。

(1) 管壁の一部を放電路から離して温度を下げる。例えば、管端部の近くにブリッジを作って、冷却部を作る方法である。ブリッジの位置を変えると最適の水銀蒸気圧にすることができる²⁾。しかし、この方法は点灯方向の制約を受ける。

(2) カバーと発光管との間に熱伝導媒体を入れてカバーから放熱させる³⁾。発光管がくら形の電球形蛍光ランプは、安定器からの熱とグローブの断熱効果により、発光管の附近の温度は最適温度よりも高くなり、(1)の方法では水銀蒸気圧を最適値にすることはできない。

(3) アマルガムを使用する。Bi-In-Hgのアマルガムを使用すると、水銀だけの場合と違って水銀蒸気圧を低下させることができる。しかも、アマルガムの温度をある範囲内にすると、水銀蒸気圧の変動を小さくすることができる⁴⁾。

また、電球形で発光管が分離ダブルU形構造のものは、発光内管と外管との間の空間が連続しているので、水銀蒸気圧は表面積の大きい外管の最冷却部温度で定まる。このためランプ全体として過度な温度上昇を防ぐことができ、構造自体が水銀蒸気圧を制御することになる。また、内管と外管の温度差が大きい場合、最大発光効率となる最適温度が直管形蛍光ランプより高くなることが発表されている⁵⁾。

§ 3 実験と考察

実験に使用した蛍光ランプは、T社とM社の三波長域形である。電球形は安定器がチョーク回路と電子回路の2種で、17Wのランプである。それに、36Wの2本チューブ形および18Wの4本チューブ構造の4種で各2本ずつを測定した。

図1は⁶⁾よく知られている直管形蛍光ランプの特性である。測定結果は、ランプの構造別の特徴があり、図2～図5のような傾向を示した。

電球形チョーク回路ランプは、図2のように非常に特性が安定しており、光束の変化は5%以内であった。アマルガムを使用した効果と、発光による発

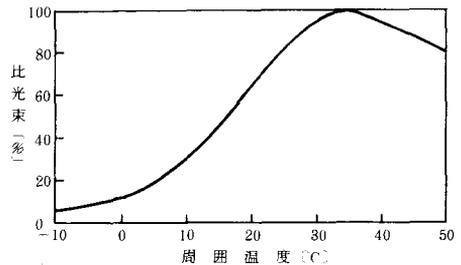


図1 直管形蛍光ランプの光束の温度特性

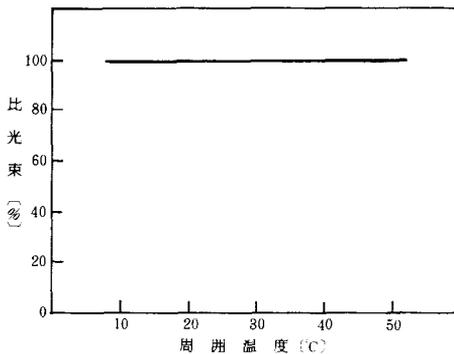


図2 電球形蛍光ランプ(チョーク回路)の光束の温度特性

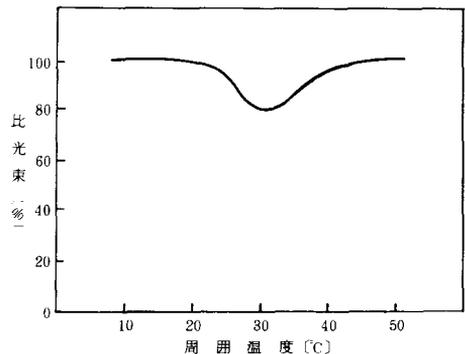


図3 電球形蛍光ランプ(電子回路)の光束の温度特性

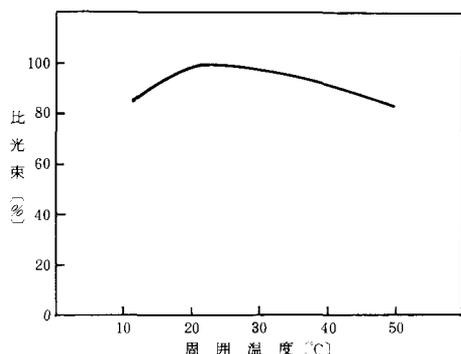


図4 2本チューブ形蛍光ランプの光束の温度特性

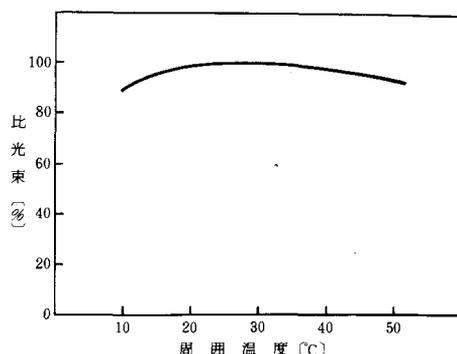


図5 4本チューブ形蛍光ランプの光束の温度特性

熱で周囲温度の変化の影響を受けないためと考えられる。

同じ電球形でも安定器が電子回路のランプは、図3に示すように、従来の温度特性のパターンと反対の結果となり、30°C附近で光束は最小となった。光束の変化は20~25%の範囲である。安定器回路を構成している半導体素子をはじめ回路素子の温度に対する影響が原因と考えられるが、これらのことについては今後検討をしたい。

直管形の長さの約1/3になったのが2本チューブ形蛍光ランプで、その温度特性は図4のようになった。温度による光束の変化は比較的ゆるやかで(20%以内)、最大効率約21°Cである。

図5は4本チューブ構造の特性で、25°C附近が最大効率の温度である。2本チューブ形よりも光束の変化は少なく10%前後で安定した特性である。

以上の測定結果より、小形変形蛍光ランプの光束の温度特性は、直管形ランプに比較してかなりの改善がなされていることがわかった。

§4 むすび

前回に引続いて、小形変形蛍光ランプについて検討し、今回は光束の温度特性を測定したが、小形化による改善がなされ、従来の直管形蛍光ランプに比べて光束の変化が少なく、水銀蒸気圧の制御に適切な工夫がなされていることがわかった。なお、電子回路の電球形蛍光ランプの特性については、今後検討を続ける必要がある。

最後に、測定に協力していただいた本校20期生天野実美、梅垣康治、河口彰の諸君に厚く感謝する。

参考文献

- 1) 原田・山崎：呉高専研究報告 Vol. 24-1 (昭63) 37
- 2) 三軒正嗣ほか：昭61年照明学会全国大会講演論文集 14
- 3) 三軒正嗣ほか：昭58年照明学会全国大会講演論文集 16
- 4) Bloem, J. et al: J. Illum. Engng. Soc. 6-3 (1977) 141
- 5) 小野・松野：照明学会誌 68-6 (昭59) 254
- 6) 照明学会編：大学課程照明工学 34

(昭和63年10月15日受付)

ホローカソード中の アルゴン準安定原子密度の測定

(電気工学科) 山 崎 勉

Measurement of the Population Density of Argon Metastable Atom in the Hollow Cathode

Tsutomu YAMAZAKI

Experimental results of the population density of metastable atom in the hollow cathode glow discharge are reported. Radial distribution of argon metastable state in the cylindrical hollow cathode, 19.4 mm in diameter and 150 mm in length, are measured by optical absorption method under the condition of the discharge currents of 30 and 90 mA, the gas pressure ranging from 10 to 250 Pascal.

Calculation of the radial distribution of metastable atom with a simple model is also carried out to explain the experimental results qualitatively.

Obtained results show that the population density of metastable atom is almost uniformly distributed in the radial direction, about $4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$, except near the cathode surface. These results may be due to the de-excitation process of dual-metastable collisions and the radial distribution of the electronic collisional excitation to the metastable state.

§ 1 まえがき

グロー放電の陰極前面に広がる陰極降下領域が放電維持に不可欠な領域であることは古くから知られている。最近、プラズマ CVD やホローカソードレーザ等にこの領域を利用するようになり、その励起機構の基礎的研究が重要となってきた。そして、レーザ分光法を利用した実験的研究^{1,2)} やモンテカルロ法を用いての理論的研究³⁾ が活発に行なわれている。

ホローカソードグロー放電は陰極降下領域を中空の陰極 (ホローカソード) 内に閉じ込め、陰極降下領域のもつ種々の特徴を利用した放電である。その励起機構の研究はグロー放電陰極降下領域の解明にも大いに役立つものと考えられる。ホローカソード内の負グローとそれを囲む陰極暗部での正イオンや準安定原子、光子や高速二次電子等が存在し、それらの挙動が放電励起機構に大きな影響を与えている。また、陰極面での上述の各粒子による二次電子放出 (γ 作用) は持続放電の条件として不可欠である。一方、定常に放電が維持されている時、上述の各粒子の陰極面に向かって流動するとともに放電条件に特有の空間分布をなしていると考えられる。⁴⁾

さて、光吸収法により準安定原子密度の測定結果を前回報告した⁵⁾。その中でホローカソード放電の円筒形ホローカソード軸上での密度と放電電流の関係を示した。それに続いて、円筒形中空陰極内の準安定原子密度の径方向分布の測定を試みたのでその結果をここに報告する。

§ 2 測定方法と実験装置

準安定原子密度の測定は同一の放電条件で生成したプラズマの一方を光源とする光吸収法を利用した。プラズマ長を L ，準安定原子密度を N とすると次式が成立する⁵⁾。

$$NL = \frac{\Delta\nu}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\ln 2}} \frac{g_1}{g_2} \frac{\nu_0^2}{c^2} \frac{8\pi}{A_{21}} k_0 L \quad (1)$$

グロー放電のスペクトル線の広がりにはドップラー幅で表される。その全半値幅を $\Delta\nu$ とし、吸収スペクトル分布の中心周波数を ν_0 ，またその周波数での吸収係数を k_0 とし、 c は光速である。 g_1, g_2 は吸収に関与する二つの準位の統計重率でそれぞれ下準位と上準位を示し、 A_{21} はこの準位間の自然放射の A 係数である。(1)式で、吸収係数 k_0 を実験より導出することにより準安定原子密度が決定できる。発光スペクトル強度と吸収係数 k_0 の間には次の関係がある。

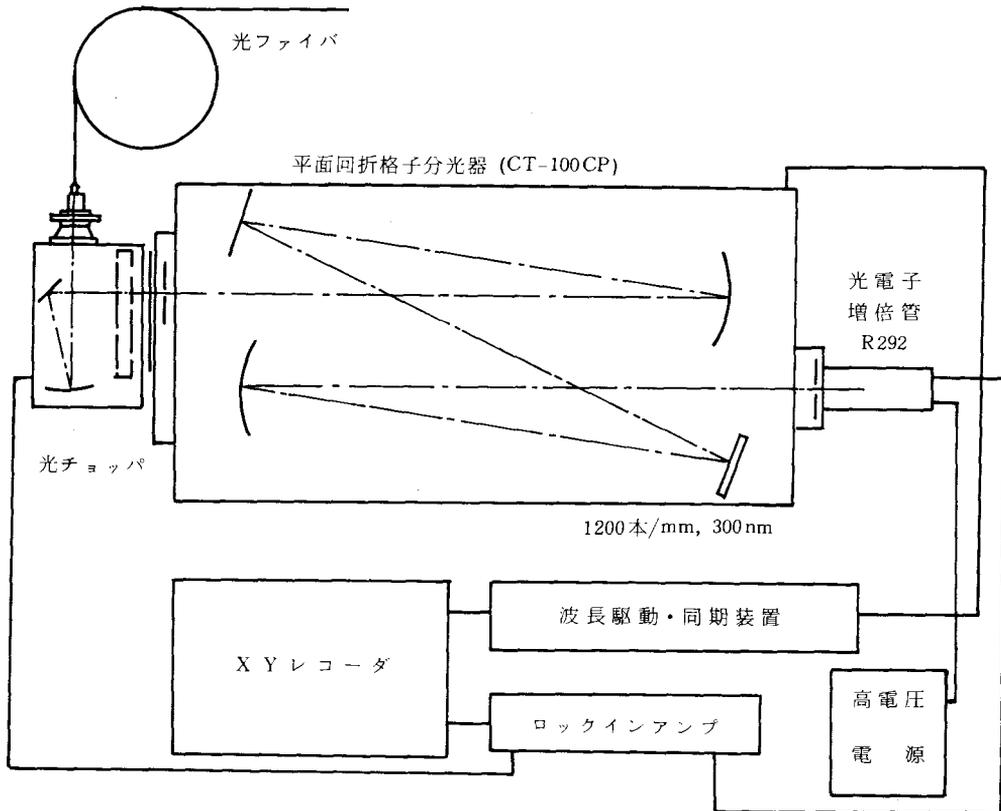


図1 自記分光分析装置の構成

$$A_L(k_0L) = \frac{\int_0^\infty (1 - \exp(-k_0L \exp(\omega^2)))^2 d\omega}{\int_0^\infty (1 - \exp(-k_0L \exp(\omega^2))) d\omega} = \frac{I_1 + I_2 - I_{1+2}}{I_1} \quad (2)$$

I_1 , I_2 はそれぞれ光源および被測定プラズマのいずれか一方のみが発光している時の発光スペクトル強度で, I_{1+2} は両プラズマが同時に発光している時のそれである。(2)式の定積分は k_0L の関数として計算でき, 測定より得られる吸収の割合 A_L よりそれに対応する k_0L を逆に求めることにより吸収係数 k_0 を決定する。

実験はアルゴン気体を用い, その最も低い準安定準位 $4s_{12}(1s_5)$ の占有密度の測定を行った。上準位としては発光強度の比較的強かった 415.86nm の $5p_{12}(4p_6)$ 準位を選定した。このとき, $g_1 = g_2 = 5$, $A_{21} = 0.0145 \times 10^8 \text{s}^{-1}$ であり⁶⁾, 気体温度を 500K とすると式(1)は次のように計算される。なおプラズマ長は $L = 150\text{mm}$ とした。

$$N = 1.95 \times 10^{13} k_0 \text{ cm}^{-3}$$

発光スペクトル強度 I_1 , I_2 , I_{1+2} は自記分光分析装置 (日本分光工業CT-100CP)⁷⁾ により測定したスペクトル分布より求めた。図1に装置の概略を示す。発光分析は光ファイバより得られたプラズマからの発光を 270Hz 光チョッパ, 非対称ツェルニターナ分光器 (焦点距離 1m , 1200本/mm プレーズ波長 300nm), 光電子増倍管 (浜松ホトニクスR 292) により交流測光し, XYレコーダに記録した。記録されたスペクトル分布はほぼ装置幅で決まる分光分布となり, 三角形の分布をしていた。そこでスペクトル強度は装置幅とスペクトル分布の最大振れの高さの積に比例するが, 装置幅が一定なので, 最大振れの大きさに比例することになる。測定条件は分光器スリット幅 0.02mm 高さ 4mm で, 分光器掃引速度 0.15nm/min とした。この時装置幅は約 0.16 オングストローム以上となる。

放電に用いた電極は, 内直径 19.4mm 長さ 150mm 厚さ 3.9mm のステンレス製中空円筒形陰極と内直径 40.5mm 長さ 80mm 厚さ 2mm の黄銅製中空円筒形陽極である。二組の電極系を同軸上にフランジにより構成し, 高真空排気装置に接続した。図2に放電電流 30mA の場合の電極系の配置を示

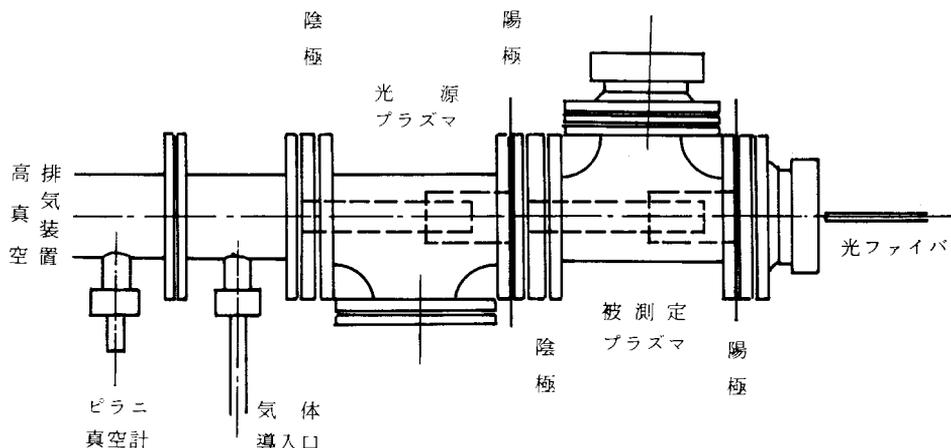


図2 真空放電装置。ホローカソード間隔は約 70mm 。

す。放電電流90mAの場合の実験は前回の報告⁵⁾と同じ電極配置で測定している。放電電流が小さい場合、発光が弱く信号雑音比が悪くなるため、プラズマと光入射口の間隔を短くし、ロックインアンプの出力時定数を1秒とした。また、陰極の外周にガラス管を配置し、陰極外側面の放電を防止した。各電流値で、ガス導入位置、プラズマ間隔、プラズマと光入射口の間隔および測定方向(陽極側か陰極側か)が異なる。

放電プラズマからの発光はホローカソードの軸方向から、直径2mmのピンホールを入射口に持つ長さ120mmの黄銅管とその他端につけた光ファイバにより分光分析装置に導き入れた。

実験は放電電流90mAと30mAについて、気体圧力10~250パスカルの範囲とした。径方向分布は入射系をZYステージに設定し、中心軸上を $r=0$ とし2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 mmの各位置に対して測定した。実験中は微小気流状態とし、放電電極系の外側のピラニ真空計の指示を一定に保つように調整したが、陰極温度の変化等により5%程度の変動があった。

実験手順は 1×10^{-5} Torr程度まで排気後、気体導入。気圧が一定になった後放電開始し発光スペクトルを記録する。 I_1, I_{1+2}, I_2 の順、各5回連続して記録する。軸上から陰極方向へ移動して測定し、ある位置での測定に約10分要した。

スペクトル強度は5回連続の記録の平均値を用いて表わし、吸収の割合 A_L を算出し、同一気圧、同一電流で6回の結果を平均して測定結果とした。これは放電再現性の悪さや測定系の雑音対策のためである。測定例を図3に示す。各測定値は比較的那の分散(平均誤差を棒で示す)が大きく、平均誤差は20~40%程度であった。

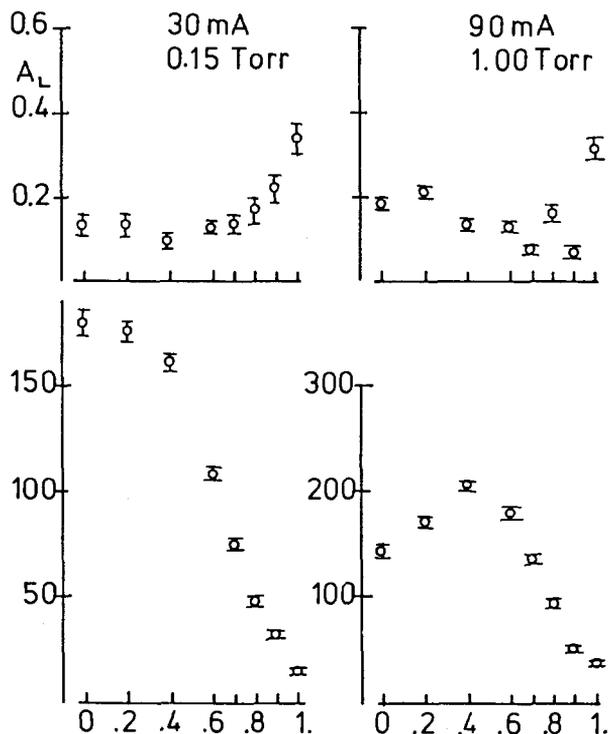


図3 吸収の割合 A_L と発光強度(任意目盛).
放電電流、気圧は30mA, 0.15 Torr と90mA, 1.0 Torrの場合で、
棒は平均誤差の、横軸は中心からの距離を表す(cm)。

§ 3 測定結果とその検討

気圧をパラメータとして放電電流 30, 90 mA の場合の径方向分布の測定結果を図 4 に示す。発光分布と準安定原子密度の測定値を示す。気圧が低い場合には中心部の発光が強く、外側に行くに従い弱くなっている。気圧が高くなるにつれ発光の最大となる位置が外側に移り、その発光強度は弱くなっている。この傾向は放電電流が 90 mA の場合は 30 mA の場合に比べ気圧が高い側に移っている。

準安定原子密度は中心から離れるにつれわずかに減少し、その後陰極面に近づくに従い急激に増加している。陰極面近くでは発光が弱く雑音の影響を受けるため誤差が大きい。気圧の増加に従い中心からの減少の割合が大きくなっているようで、30 mA の方がその傾向が強いようである。準安定原子密度は $4 \times 10^{11} \cdot \text{cm}^{-3}$ 位で、前回の報告とほぼ一致する。一方、放電電流依存性は前回⁵⁾と比べると多少異なるが誤差の範囲内であろう。気圧や放電電流にかかわらず軸上での準安定原子密度が増加しない特性は径方向分布の変化と関連しているものと考えられる。

なお、図よりみると 0.15 Torr の場合の結果が発光が最も強く、準安定原子密度が最も少ない。これは放電条件が関係しているものと思われる。ただし、90 mA の測定はその測定条件が変動しており（例えば、光学系の変動と電極面の状態など）、各測定値（気圧による違い）には不規則な所がみられる。径方向分布の相対変化は問題ないが、気圧の異なる結果の比較には難がある。

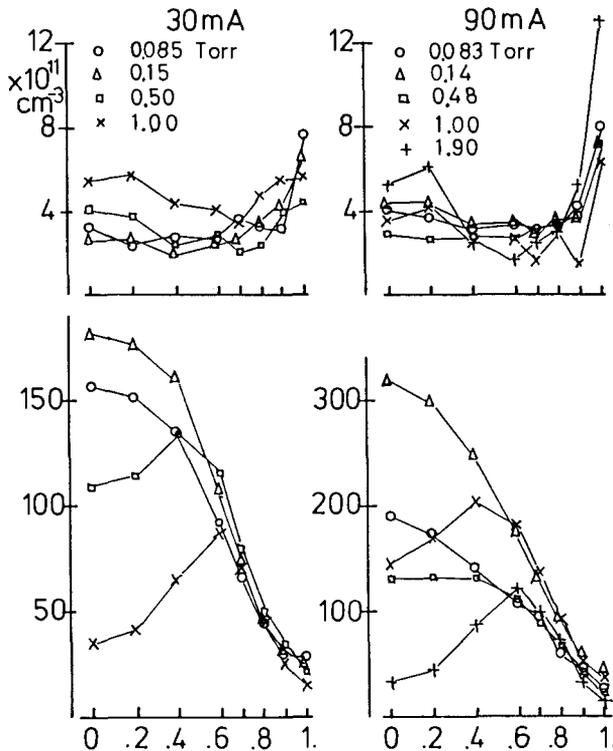


図 4 準安定原子密度と発光強度（任意目盛）の径方向分布。

発光分布は気圧の増加により陰極面側に移動する。準安定原子密度は、ほぼ一定で、陰極面側に近づくに従い、わずかに減少している。陰極付近くでは発光が弱く、測定誤差が大きい。横軸は中心からの距離を示す (cm)。

準安定原子密度の径方向分布について簡単なモデルを用いて計算し、実験結果の説明を試みる。準安定原子密度 N_m 、電子密度 N_e 、軸方向は一様とし径方向のみ考える。準安定原子は気体分子と電子の衝突により励起され ($Z_{gm} N_g N_e$)、拡散 (拡散係数 D_m) により移動する。また、準安定原子は電子衝突により累積励起・電離 ($Z_{mi} N_m N_e$) や原子同志の衝突 ($2\alpha_p N_m^2$) により失われていく。気体分子密度 N_g とし、径方向 () について次の連続の式が成立する。

$$-\frac{D_m}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dN_m}{dr} \right) = Z_{gm} N_g N_e - Z_{mi} N_m N_e - 2\alpha_p N_m^2$$

陰極半径を R とし、密度 N_{m0} 、 N_{e0} で規格化すると次のように表される。

$$\frac{1}{\rho} \frac{d}{d\rho} \left(\rho \frac{dn_m}{d\rho} \right) = -g_1 n_e p^2 + g_2 n_m^2 p + g_3 n_m n_e p \quad (3)$$

ただし、 $\rho = r/R$ 、 $n_m(\rho) = N_m(r)/N_{m0}$ 、 $n_e(\rho) = N_e(r)/N_{e0}$

$$g_1 = \frac{Z_{gm} N_{g0} N_{e0}}{D_{m0}} \frac{R^2}{N_{m0}}, \quad g_2 = \frac{2\alpha_p N_{m0}^2}{D_{m0}} \frac{R^2}{N_{m0}}, \quad g_3 = \frac{Z_{mi} N_{m0} N_{e0}}{D_{m0}} \frac{R^2}{N_{m0}}$$

$N_g = N_{g0} p$ 、 $D_m = D_{m0}/p$ で p は気圧を表す。 N_{g0} 、 D_{m0} は $p=1$ [Torr] での各値を示す。(3)式を中心軸上で密度 $n_m(0)=1$ 、傾き $n_m'(0)=0$ とし数値解析を行った。計算はパーソナルコンピュータのベーシックを用い、ルンゲ・クッタ・ニストレームの方法で行った。 g_1 、 g_2 、 g_3 はそれぞれ準安定準位への励起、原子同志の衝突、電子による累積励起による損失項を表している。各係数の値は不明な点が多いので次の量のみ与え他はパラメータとして残した。 $D_{m0}=45 \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $N_{g0}=3.54 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、 $\alpha_p=6.12 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$ 、 $^{9)}$ また実験結果より $N_{m0}=3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ とした。その結果 $g_2=8.16p$ となる。

$n_e(\rho)$ は電子衝突による励起の径方向分布を表し、準安定準位への励起とそこから他の準位への励起とも同じ径方向依存性を持つものとした。具体的には、発光分布の結果 $^{3)}$ から次の4つの形を考えた。これは、気圧の増加により励起分布の最大値が外側に移動すると考えられるからである $^{4)}$ 。

$$n_e(\rho) = \begin{cases} 1-\rho^2 & \rho=0 \text{ で最大, 最大値 } 1 & \text{(a)} \\ 1-\rho^9 & \text{ " " " " } & \text{(c)} \\ 4\rho(1-\rho) & \rho=0.5 \text{ で最大 " " } & \text{(b)} \\ 12.207\rho^4(1-\rho) & \rho=0.8 \text{ で最大 " " } & \text{(d)} \end{cases}$$

$n_m(1)=0$ の条件の下で、 g_2 、 g_3 を変えた場合の g_1 の値を表1に示す。

$g_2=g_3=0$ の場合には一つの解析解が得られる。この時 g_1 が変化すると、 g_1 の減少により径方向分

表1 電子衝突励起の強度 g_1 と径方向分布 $n_e(\rho)$ の関係 $n_m(1)=0$ 、 $p=1$

条件 \ $n_e(\rho)$	$1-\rho^2$	$1-\rho^9$	$4\rho(1-\rho)$	$3125\rho^4(1-\rho)/256$
$g_2=0$, $g_3=0$	5.33333(16/3)	4.13675(484/117)	5.14285(36/7)	11.1159(1764/73)
$g_2=8.16$, $g_3=0$	11.1	9.25	12.7	41.1
$g_2=0$, $g_3=8.16$	11.2	10.1	11.2	17.3

布は外側に広がり $0 < n_m(1) < 1$ の値になり、気圧が低い方が大きな値となる。(図5)

次に、準安定原子同志の衝突損失項を加えると g_1 は大きくなる。陰極面で準安定原子密度 $n_m(1) = 0$ の条件を除き、 g_1 を変化させると、陰極付近の密度は大きく変化する。 g_1 が小さくなると $n_m(1)$ は急激に増加し、拡散損失のみの場合に比べると $n_m(1) > 1$ も有りうる点大きく異なる。(図6)

次に累積励起による損失を原子同志の衝突と同程度とした場合の同様の計算結果を示す。($g_2 = 0$,

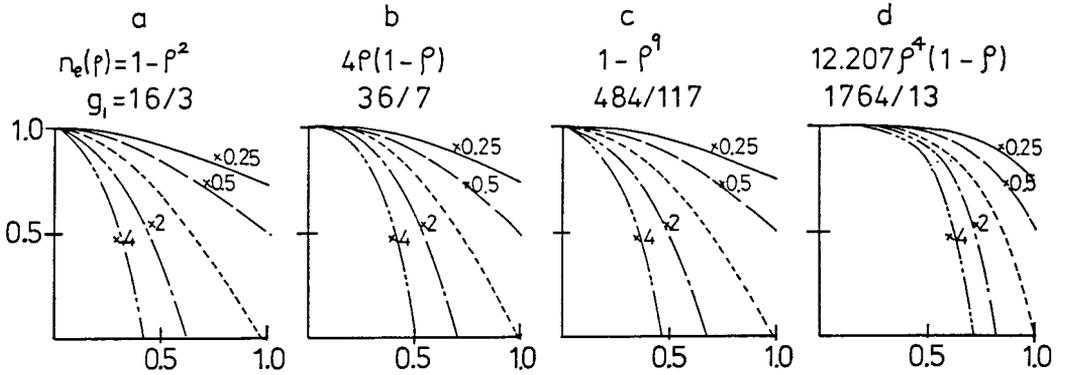


図5 準安定原子密度の径方向分布の計算値。直接励起と拡散損失のみ考慮。
点線は各図上の g_1 の値に対応し、他はそれぞれの数値と g_1 の積である $g_2 = g_3 = 0$ 、 $p = 1.0$ の場合である。励起の径方向分布 $n_e(\rho)$ による差は少ない。

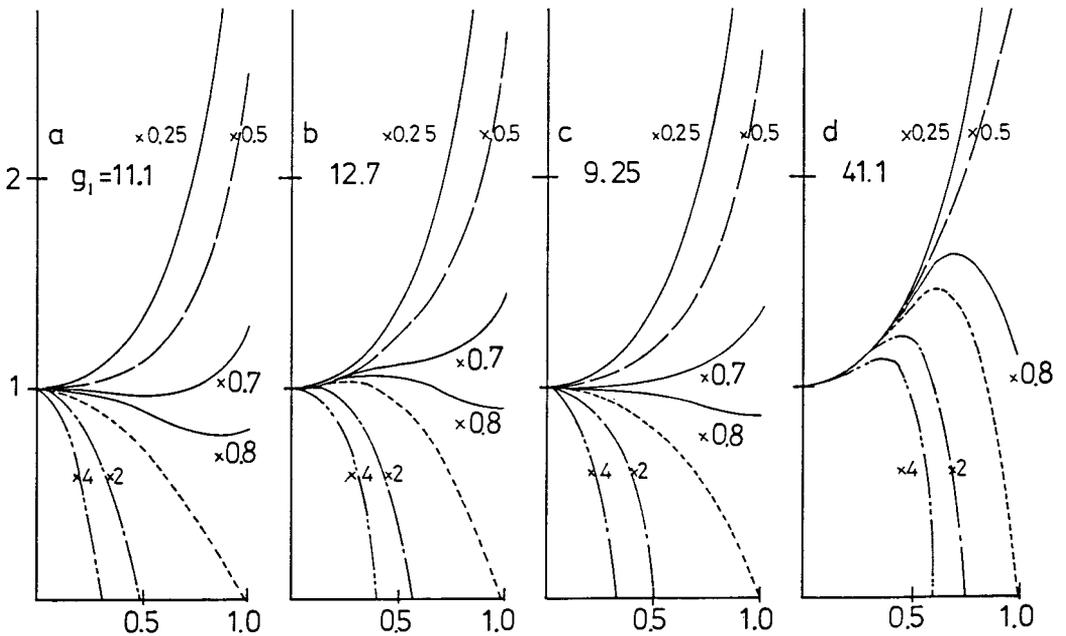


図6 準安定原子密度の径方向分布の計算値。直接励起・拡散に準安定原子同志の衝突を考慮。
 $g_2 = 8.16$, $g_3 = 0$, $p = 1.0$ の場合。図5の説明参照。

$g_3=8.16$)。この場合にも前と同様の結果が得られているが、全般的に小さな変化に留まっている。(図7) 以上の結果は直接励起と拡散のみの場合に比べ、準安定原子同志の衝突や累積励起による損失項を考慮すると径方向分布が大きく変化することを示している。

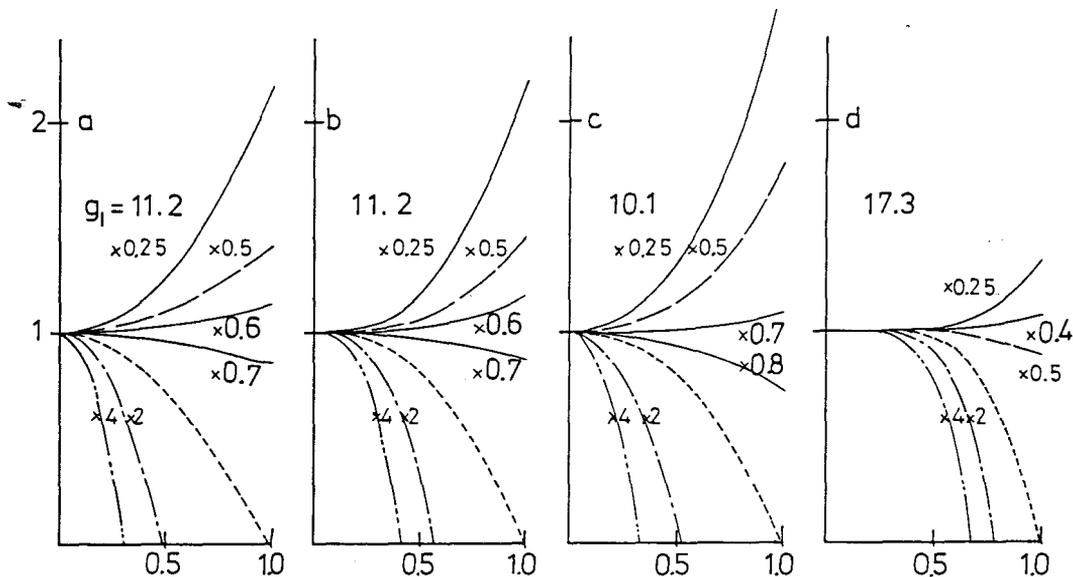


図7 準安定原子密度の径方向分布の計算値・直接励起・拡散、累積衝突損失の考慮。
 $g_2=0, g_3=8.16, p=1.0$ の場合。図5の説明参照。

表2 気圧 p , 準安定原子の損失 g_2, g_3 の効果 $n_m(1)=0$

$n_e(\rho) = 1 - \rho^2$

g_1	p [Torr]	g_1	g_2	g_1	g_3
58.7	0.1	5.88	0.816	5.91	0.816
32.6	0.5	8.15	4.08	8.26	4.08
11.1	1.0	11.1	8.16	11.2	8.16
4.32	2.0	17.3	16.32	17.4	16.32
0.70715	10.0	70.71	81.6	70.95	81.6

$g_2=8.16, g_3=0 \quad g_3=0, p=1 \quad g_2=0, p=1$

$n_e(\rho) = 4\rho(1-\rho)$

g_1	p [Torr]	g_1	g_2	g_1	g_3
57.7	0.1	5.77	0.816	5.73	0.816
34.3	0.5	8.57	4.08	8.15	4.08
12.7	1.0	12.7	8.16	11.2	8.16
5.754	2.0	23.01	16.32	17.6	16.32
1.69394	10.0	169.394	81.6	72.043	81.6

$g_2=8.16, g_3=0 \quad g_3=0, p=1 \quad g_2=0, p=1$

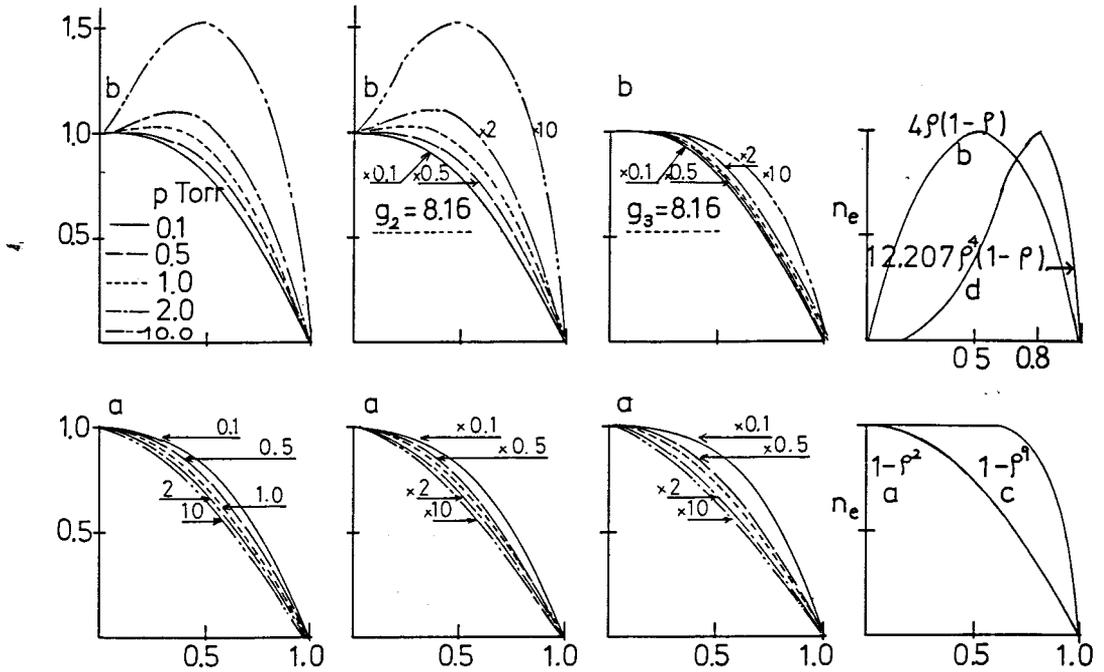


図8 準安定原子密度の径方向分布の計算値。気圧による分布の変化, $g_2=8.16$, $g_3=0$
 (左図). 準安定原子の損失項の変化に対する分布の変化 (中左 $g_3=0$, 中右 $g_2=0$).
 励起の径方向分布 n_e の形 (右). 下段は(a) $n_e=1-p^2$, 上段は(b) $n_e=4p(1-p)$

気圧, 準安定原子同志の衝突, 累積励起と径方向分布の関係について調べる。励起の径方向分布, $n_e(\rho)$ は(a), (b)の二通りとし $n_m(1)=0$ の条件で各項の強度を変化させた結果を図8に示す。(a)のように励起が中心部に集中している場合, 各量 p, g_2, g_3 の増加に対し準安定原子密度は中心部に集中するようになる。一方(b)の場合には外側に向かって広がってゆき, 励起の最大の位置へ集中する形の分布になる。そして準安定原子同志の衝突項は(b)において大きな影響力を持つ事がわかる。表2に図8に対応する g_1 の値を示す。

以上の結果より実験結果を次のように説明することができる。

気圧の増加により励起位置は中心からずれて陰極面に近づいてゆく。これは実験結果の発光分布より推定できる。ところで中心部に集中した励起がそのまま変化しなければ, 径方向分布は気圧の増加により中心部集中の分布に変化なく, その集中の割合が変化するのみである(図8より)。一方, 励起が中心から外側に移動すると, 前述とは逆の結果となり(図8)準安定原子の径方向分布はほぼ一定ないし, 中心から離れるに従いわずかに減少した分布が得られると考えられる。ただし陰極付近については誤差の問題もあるので無視した。

$n_m(1)=0$ を考えない場合には, 陰極付近で準安定原子密度が急増した分布も可能であり, この場合準安定原子同志の衝突項が大きな役割を果していることが考えられる。

以上の説明には多くの仮定があり, その実験的証明は今後の課題である。また測定精度の向上と異なった原理に基づく測定による測定結果の確認も残された重要な問題である。

§ 4 まとめ

ホローカソードグロー放電中の準安定原子密度の測定結果を報告している。光吸収法により、円筒形ホローカソード(19.4 mmの直径、長さ150 mm)の軸方向より発光スペクトル分布の測定結果を用い、準安定原子密度の径方向分布を導出している。放電条件は、気体アルゴン、10～250パスカル、放電電流は30および90 mAの二通りである。

また、簡単なモデルを用いて径方向分布の計算を行い測定結果の定性的説明を試みた。

測定結果によると、今回の測定条件内で径方向分布は円筒形陰極内にほぼ一様に分布していると考えられる。密度はほぼ $4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ であった。発光分布は、気圧、放電電流により大きく変化しているのに対し、準安定原子密度の径方向分布はほとんど変化していない。このような径方向分布の得られた理由として、準安定原子同志の衝突や累積衝突による準安定原子の損失項が大きな影響をしていることが推定される。

参考文献

- 1) E. M. Van Veldhuizen, F. J. deHoog, and D. C. Schram: J. Appl. Phys. 56 (7) (1984) 2047~2055
- 2) E. De Marins and A. Sasso, E. Arimondo: J. Appl. Phys. 63 (3) (1988) 649~655
- 3) T. J. Moratz: J. Appl. Phys. 63 (8) (1988) 2558~2569
- 4) S. N. Khvorostovskii: Sov. Phys. Tech. Phys. 25 (9) (1980) 1092~1097
- 5) 山崎 勉: 呉高専研究報告 24-1 (1988) 67-76
- 6) D. E. Gray (ed.): "American Institute of Physics Handbook" (Mc-Graw Hill 1972)
- 7) 山崎 勉, 原田一彦: 呉高専研究報告 23-2 (1988) 27-40
- 8) J. S. Chang, R. M. Robson, 市川幸美, 金田輝男: 「電離気体の原子・分子過程」(東京電機大学出版 1982)
- 9) G. J. Fetzer, J. J. Rocca and G. J. Collins, R. Jacobs: J. Appl. Phys. 60 (8) (1986) 2739~2753

(昭和63年10月15日受付)

コンピュータの機械語命令ミックスに対する MSPS 値の導出について

(電気工学科) 鈴 村 信 也

A Method for Estimating MSPS Ratings for Instruction-mix on Computer Systems

Nobuya SUZUMURA

A MIPS rating for instruction-mix on a computer is used to estimate the performance of a CPU. This paper proposes a simplified method for estimating MSPS rating for instruction-mix which can be employed by users for the selection of computer system for their own uses. In the proposed method, the estimation can be performed by only referring to full data in detail (i. e., frequency distributions of instruction set, executing time of each instruction) in a certain practical application environment for a reference computer. Using this method we can simply estimate the MSPS rating for a presumed instruction-mix on a target computer to be compared with others only by employing limited data which is obtained by measuring executing time per one statement for a high level language. It becomes clear after applying the method to practical computers that a MSPS rating for instruction-mix is an estimating indicator, can be used instead of a MIPS rating.

1 まえがき

ユーザが新しいコンピュータシステムを導入する際に行う機種選定のための評価として、競合比較手法がある。これは、CPUの性能を中心とした部分評価であり、システムにおけるCPUの処理性能の重要性から広く用いられている。

著者は、このユーザが行う機種選定におけるCPUハードウェアの相対的評価手法として、代表的コンピュータの命令出現頻度データ、命令実行時間データ、及び競合比較の対象となるコンピュータ群のカタログデータから、各々のコンピュータのMIPS値(Million Instructions Per Second)を簡易に導出する手法を既に提案し、その有用性を確認している⁽¹⁾。この手法は、機械語命令ミックスに対するMIPS値を実機の測定により求めることが難しい等の問題点を解決するために、命令実行時間のカタログデータを用いた簡易導出法であった。

本稿では、実測データに基づく評価を行うという立場から、高級言語の1ステートメント当りの実行時間を実測し、これを上記比較対象のコンピュータの命令実行時間のカタログデータの代わりに使用して、機械語命令ミックスに対するMSPS値(Million Statements Per Second)を求める手法を

提案する。また、本手法を6機種種の32ビットスーパーミニコンピュータに適用した結果を基に、本手法、及び機械語命令ミックスに対するMSPS値の有用性について考察する。

2 準備的事項

ここで、準備的事項として、本稿で提案する手法の立場を明確にし、また、用語の説明を与える。

2.1 本手法の立場

まず、本稿で提案する手法の立場をまとめると次のようになる。

- (1) 本手法の適用範囲をユーザが行う機種選定にとどめ、競合比較の対象となるコンピュータ群は、類似したアーキテクチャを有するという前提に立つ。ここで言うアーキテクチャの類似性は、コンピュータのクラス(汎用機, ミニコン等の種別, RISC型, CISC型の別等)が同一で、命令数, レジスタの構成, ハードウェア制御機構等がほぼ同等であることを指す。
- (2) 高度なハードウェア制御機構(先取り制御, パイプライン制御, キャッシュメモリ制御等)による効果を考慮に入れない。
- (3) 複雑な機能を高速に実現した命令(複合命令, マクロ命令等)の効果を考慮に入れない。
- (4) MSPS値の算出方法は、MIPS値の算出に通常用いられている、機械語命令ミックスのクラス毎の機械語命令の平均実行時間を測定し、これらとクラス毎の重みとから算出する方法に準じる。本手法では、機械語命令の平均実行時間の代わりに、各クラスの機械語に相当する高級言語の1ステートメント当りの実行時間の実測データを使用する。
- (5) 高級言語の1ステートメント当りの実行時間の測定は、コンパイラの特性による影響を極力避ける方法をとる。通常、高級言語の1ステートメント当りの実行時間は、高級言語ミックスに対する単位時間当りのステートメント実行回数(MSPS値)に使用される⁽²⁾。この高級言語ミックスに対するMSPS値は、高級言語レベルにおける評価指標の1つで、コンパイラの特性も含めた評価が可能となり、また、アーキテクチャの異なるコンピュータ間の評価にも効果がある。本稿で求める機械語命令ミックスに対するMSPS値は、高級言語のコンパイラの特性の影響を避けた1ステートメント当りの実行時間のデータを用いることにより、高級言語ミックスに対するMSPS値よりはむしろMIPS値に近い評価指標となると考えられる。

2.2 用語

次に、用語の説明を与える。

競合比較の対象となるコンピュータ群のうち、そのうちの一つを選定して「代表的コンピュータ」と呼ぶことにし、他のコンピュータを「ターゲットコンピュータ」と呼ぶ。

代表的コンピュータでは、疑似MIPS値を導出するのに要する種々のデータが入手できるものと仮定する。

3 機械語命令ミックスに対するMSPS値の導出法

下記のような手順に従うMSPS値の導出法を提案する。

- (1) 代表的コンピュータの、ある使用環境下での機械語命令の出現頻度データより、機械語命令ミックスを算出する。
- (2) 代表的コンピュータの機械語命令の実行時間データに基づいて各種命令の実行時間を加減算命令の実行時間に変換する換算表を作成する。
- (3) ターゲットコンピュータの高級言語の1ステートメント当りの実行時間を実測する。

(4) ターゲットコンピュータの上記実測データ及び上記換算表から、機械語命令ミックスに対するMSPS値を導出する。

以下、手順に従って本手法の詳細を述べる。理解のために図1に処理の流れを示す。

本手法の(1)及び(2)は、先に提案したコンピュータのMIPS値の簡易導出法⁽¹⁾と同等であり、代表的コンピュータとしてVAX-11/780を選定している。また、その結果である各種機械語命令ミックス、及びVAX-11/780における各種命令の加減算命令への換算率を、それぞれ表1、表2に示す。

3.1 高級言語の1ステートメント当り実行時間の測定

機械語命令ミックスにおける各クラスの機械語に相当する高級言語の1ステートメント当りの実行時間を測定する。

測定は、測定しようとするステートメントをn回(nは非常に大きな数、例えば100,000)繰り返し、その繰り返し処理の時間をnで割り、1ステートメント当りの実行時間を求める。これにより、高級言語のコンパイラの影響をある程度避けることが出来ると考えられる。

3.2 MSPS値の計算

各種機械語命令ミックスに対するMSPS値は、実測データ及び換算表から、次のようにして求められる。

$$\text{MSPS 値 (Whetstone-Mix)} = 1 / \sum_{i=1}^{15} W_i$$

ここで、 $W_i = W_{wi} \times T_i$ (T_i : 実測)

$W_{wi} \times T_1 \times \alpha_i$ (T_i : 不明)

W_{wi} : Whetstone-Mixにおける各命令の重み

T_i : 各ステートメントの実行時間(sec)

T_1 : Add/Subステートメントの実行時間(sec)

α_i : 各命令の加減算命令への換算率

$$\text{MSPS 値 (Multi-Mix)} = 1 / \sum_{i=1}^{15} M_i$$

ここで、 $M_i = W_{mi} \times T_i$ (T_i : 実測)

$W_{mi} \times T_1 \times \alpha_i$ (T_i : 不明)

W_{mi} : Multi-Mixにおける各命令の重み

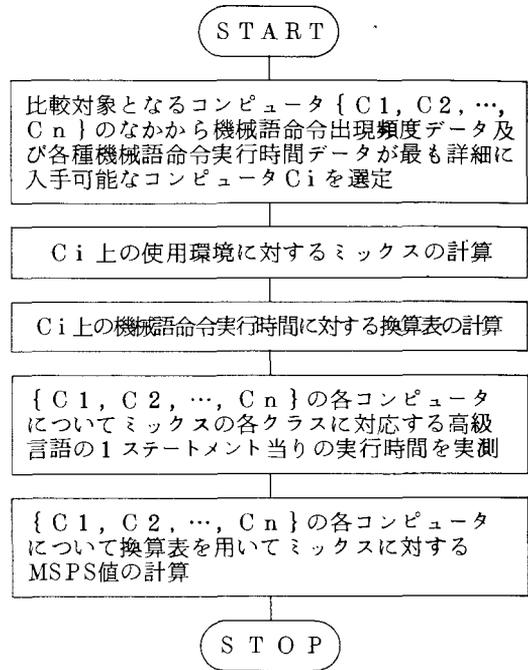


図1 MSPS 値の導出法

表1 機械語命令ミックス

1	Instruction	Whetstone-Mix Wwi (%)	Multi-Mix Wmi (%)	Gibson-Mix Wgi (%)
1	Add/Sub/Load/Store	33.76	33.31	33.0
2	Multiply	3.90	1.43	0.6
3	Divide	0.77	1.43	0.2
4	Branch1	7.37	12.40	6.5
	Branch2	10.32	16.93	
	Branch3	3.55	0.41	
	Branch4	3.55	1.16	
5	Compare	4.72	9.26	4.0
6	Transfer	3.30	9.53	17.5
7	Shift	0.22	0.61	4.6
8	AND/OR	2.53	4.71	1.7
9	Index	0.11	0.20	19.0
10	Short Floating Add/Sub	12.50	1.02	5.8
11	Long Floating Add/Sub	0.55	3.16	1.5
12	Short Floating Multiply	8.64	2.95	3.2
13	Long Floating Multiply	0.44	0.82	0.8
14	Short Floating Divide	2.90	0.41	1.3
15	Long Floating Divide	0.22	0.41	0.3

表2 VAX-11/780 における各種命令の加減算命令への換算率

1	命 令	換算率 α_i
1	Add/Sub/Load/Store	1
2	Multiply	4
3	Divide	20
4	Branch1	1
	Branch2	3
	Branch3	20
	Branch4	9
5	Compare	1.5
6	Transfer	2
7	Shift	3.5
8	AND/OR	1
9	Index	10
10	Short Floating Add/Sub	2
11	Long Floating Add/Sub	3.5
12	Short Floating Multiply	3
13	Long Floating Multiply	8.5
14	Short Floating Divide	7.5
15	Long Floating Divide	21.5

4 適用例と評価

市販されている32ビットスーパーミニコンピュータ6種類について本手法を適用した。尚、本適用例は、カラー・グラフィック・システム⁽³⁾の機種選定の過程で行った性能評価のデータに基づいている。競合比較の対象となるコンピュータ群のアーキテクチャの特徴を表3に示す。機械語命令数200前後、レジスタ数20前後、そして殆どのコンピュータが4段ないし3段のパイプライン制御、128KBないし16KBのキャッシュメモリを有しており、本手法の適用の前提となっているアーキテクチャの類似性をほぼ満足していると考えられる。

表3 各社スーパーミニコンピュータのアーキテクチャの特徴

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
制御方式	マイクロプログラム制御方式					
機械語命令数	450	233	133	170	467	248
レジスタ数	20	33	20	16	8	16
パイプライン制御	○	○	×	○	○	○
キャッシュメモリ制御	○	○	×	○	○	○
高速演算機構	○	○	○	○	×	×

4.1 測定とMSPS値の計算

ここでは、高級言語としてFORTRAN言語を使用し、図2に示すような、各ステートメントを100,000回繰り返すDOループによる測定プログラムを用いた。測定環境はメーカの提案するシステム

```

C      FORTRAN PROGRAM TO FIND INTEGER MATH SPEEDS
C      INTEGER BUFFER(4),LOOP,DUMMY
C      PARAMETER (ITERATIONS=100000,ADJUST=60.0)
C
C      COMPUTER LOOP OVERHEAD
C
C      BEFORE = TIMES(BUFFER)
C      DO 10 LOOP = 1 , ITERATIONS
10     DUMMY = 0
C      OVERHEAD = (TIMES(BUFFER)-BEFORE)/ADJUST
C      PRINT 102, OVERHEAD
C
C      INTEGER ADD
C
C      I = -34500
C      I1 = 345
C      BEFORE = TIMES(BUFFER)
C      DO 20 LOOP = 1 , ITERATIONS
C         DUMMY = 0
20     I = I + I1
C      ELAPSED = (TIMES(BUFFER)-BEFORE)/ADJUST - OVERHEAD
C      PRINT 101, ITERATIONS,'ADD',ELAPSED
C      ...
C      ...
    
```

図2 FORTRAN言語の1ステートメント当りの実行時間測定プログラム

構成で、主記憶容量、補助記憶容量共にほぼ同等であり、プログラムの実行はシングルタスクで行った。また、コンパイラのオプション機能として、DOループに対する最適化の機能がある場合にも、これを使用しないこととした。測定は、整数型、単精度実数型、及び倍精度実数型の四則演算の各ステートメントに対して行った。その結果を表4に示す。

表4 各社スーパーミニコンピュータのFORTRAN言語における
1ステートメント当りの実行時間 T_i (μsec)

i	ステートメント	A社	B社	C社	D社	E社	F社
1	Add/Sub	1.840	5.290	3.304	2.600	2.161	1.842
2	Multiply	1.430	10.380	4.876	15.325	13.049	2.829
3	Divide	9.220	15.510	23.605	26.400	13.167	8.527
10	Short Floating Add/Sub	3.230	5.820	3.599	28.650	9.440	7.565
11	Long Floating Add/Sub	5.060	8.290	6.159	42.775	11.717	11.240
12	Short Floating Multiply	1.140	2.930	3.788	28.375	16.475	6.583
13	Long Floating Multiply	1.980	4.570	6.803	42.725	41.565	13.950
14	Short Floating Divide	1.460	3.150	4.601	34.900	18.044	27.520
15	Long Floating Divide	1.980	4.500	8.178	74.900	43.293	64.880

本手法を用いた各種機械語命令ミックスに対するMSPS値の算出結果を表5に示す。ここで、測定をしていない機械語命令のクラスに対するものについては、 $T_i \times \alpha_i$ によって算出している。例えば、A社のWhetstone-Mixに対するMSPSの値は、次のようにして求められる。尚、 W_{wi} は表1を、 α_i は表2を、 T_i は表4をそれぞれ参照している。

$$\begin{aligned}
 W_i &= \sum_{i=1}^3 W_{wi} \times T_i + \sum_{i=4}^9 W_{wi} \times T_i + \sum_{i=10}^{15} W_{wi} \times T_i \\
 &= \{33.76 \times 1.84 + 3.90 \times 1.43 + 0.77 \times 9.22 + [7.37 + 10.32 \times 3 + 3.55 \times (20 + 9) \\
 &\quad + 4.72 \times 1.5 + 3.3 \times 2 + 0.22 \times 3.5 + 2.53 + 0.11 \times 10] \times 1.84 \\
 &\quad + 12.50 \times 3.23 + 0.55 \times 5.06 + 8.64 \times 1.14 + 0.44 \times 1.98 \\
 &\quad + 2.90 \times 1.46 + 0.22 \times 1.98\} / 100 \\
 &= 4.2657 (\mu\text{sec}) \\
 \text{MSPS 値 (Whetstone-Mix)} &= 0.234
 \end{aligned}$$

表5 各社スーパーミニコンピュータのMSPS値

機械語命令ミックス	A社	B社	C社	D社	E社	F社
Whetstone-Mix	0.234	0.084	0.129	0.074	0.121	0.158
Multi-Mix	0.276	0.110	0.166	0.126	0.189	0.240
Gibson-Mix	0.171	0.061	0.095	0.082	0.115	0.135

4.2 評価

比較のため、簡易導出法によるMIPS値の算出結果⁽¹⁾を表6に示す。表6では、メーカー側の発表あ

表6 各社スーパーミニコンピュータのMIPS値

機械語命令ミックス	A社	B社	C社	D社	E社	F社
Whetstone-Mix	1.340	0.609	0.559	0.664	0.472	0.813
Multi-Mix	2.145	0.907	0.718	1.208	0.783	1.079
Gibson-Mix	1.366	0.590	0.451	0.818	0.530	0.683
通称値	—	1	1	—	0.6	1

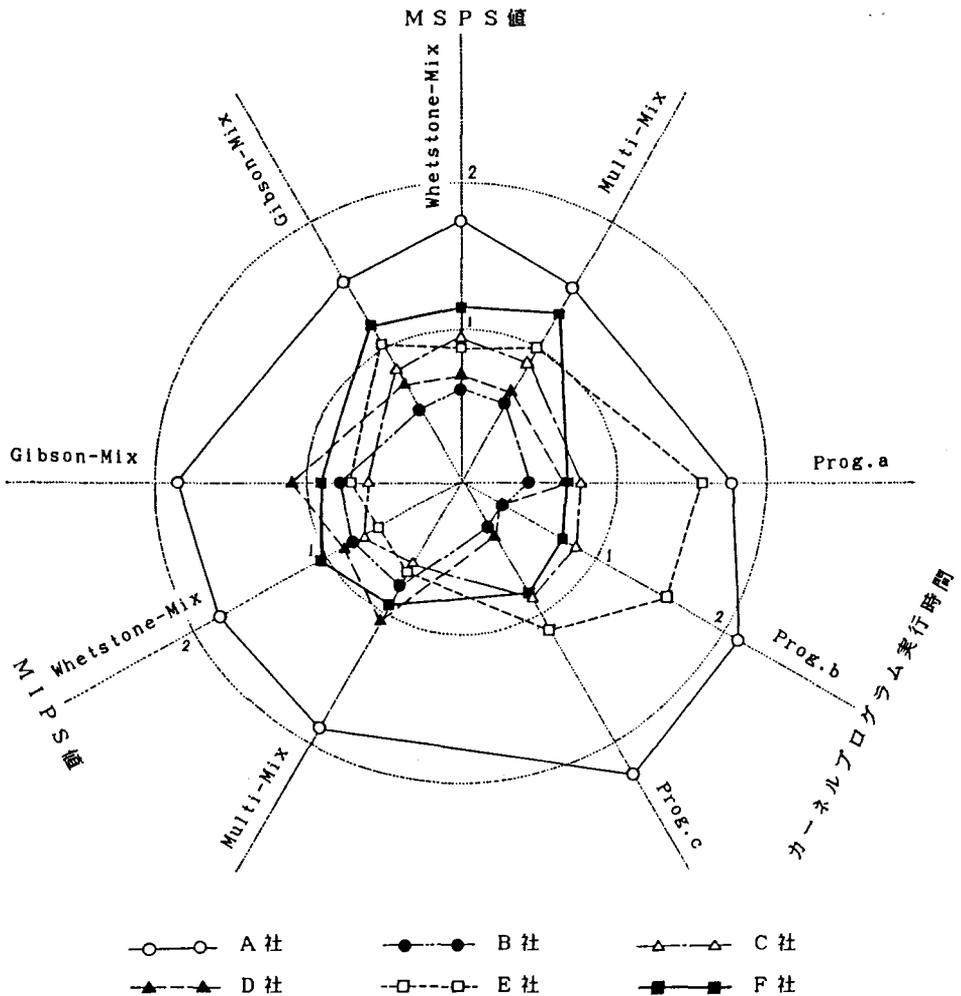


図3 各社スーパーミニコンピュータの性能比較

るいは雑誌等で通常掲示されているMIPS値(通称値)をも示している。また図3は、MSPS値、MIPS値及びカーネルプログラム実行時間のそれぞれを相互に比較するための図である。同図は、MIPS

値及びMIPS値についてはその平均値で正規化した値を、カーネルプログラムについてはその実行時間の逆数を評価指数とし、その平均値で正規化した値を、それぞれ示している。ここで、カーネルプログラムは、ある程度まとまった典型的な処理プログラムで、この場合、次の3つの科学技術計算分野のカーネルプログラムを使用している。

- (a) ガウスの消去法による n 元連立方程式の求解プログラム
- (b) ヤコビ法による n 次実対称行列の固有値と固有ベクトルの求解プログラム
- (c) ベアストウ法による代数方程式の求解プログラム

これらの結果から、次のことが言える。

- (1) 全体的に、MSPS値はMIPS値の約4分の1～10分の1の値を示している。この差はOSのオーバヘッドによるものと思われる。また、差のバラツキは、コンパイラの性能の差によるものと思われる。コンパイラの特性的影響を少なからず受けている結果となった。このことは、C社、E社がMSPS値、及びカーネルプログラム実行時間で相対的順位が高くなっていることから伺える。
- (2) 各社とも、3種類のMSPS値とMIPS値の比が、ほぼ同じである。
- (3) 相対的に、MSPS値、MIPS値、及びカーネルプログラムの処理速度は、ほぼ類似した結果となっているが、特に、MSPS値はカーネルプログラムの処理速度よりもMIPS値の結果に類似した結果を示している。

また、MSPS値、及びその導出法の評価として、次のことが言える。

- (1) 本手法により、高級言語の1ステートメント当りの実行時間等の少ないデータからでも、機械語命令ミックスに対するMSPS値を導出できる。
- (2) 本手法によって得られる機械語命令ミックスに対するMSPS値は、ユーザの行う機種選定において、競合比較の対象となるコンピュータ群のアーキテクチャが類似している場合、CPUハードウェアを相対評価するための近似的指標として使用できる。
- (3) 本手法によって得られる機械語命令ミックスに対するMSPS値は、MIPS値に類似した指標としてハードウェアの相対評価に使用できる。

5 むすび

本論文では、ユーザが行う機種選定におけるCPUハードウェアの相対的評価手法として、代表的コンピュータの命令出現頻度データ、命令実行時間データ、及びターゲットコンピュータのステートメントの実行時間の実測データから、ターゲットコンピュータの機械語命令ミックスに対するMSPS値を導出する手法を提案し、それを6機種の32ビットスーパーミニコンピュータに適用して、その導出法及び機械語命令ミックスに対するMSPS値の有用性を確認した。

今後の課題としては、コンパイラの特性的影響を極力避けた高級言語の1ステートメント当りの実行時間の測定方法の検討、及び性能評価に関する高度なハードウェア制御機構の効果に対する考察等がある。

謝 辞

日頃、ご指導を賜わる広島大学工学部吉田典可教授、若林真一助教授、宮尾淳一工学博士に深謝します。また、熱心に協力いただいた本校18期生押尾憲二、園田敦の両君に感謝します。

文 献

- (1) 鈴木信也：“コンピュータのMIPS値の簡易導出法”，呉高専研究報告，Vol. 23, No. 2, pp. 41-49, 1988.

- (2) 三上徹，箱崎勝也，関野陽：“計算機システムの性能評価技術[1]”，電子通信学会誌，Vol. 59, No. 10, pp. 1083-1090, 1976.
- (3) 綿井伸爾：“呉高専 FACOM S-3300 システムの概要”，呉高専研究報告，Vol. 23, No. 1, pp. 73-79, 1987.

(昭和63年10月15日受付)

鉄筋コンクリート耐震壁の壁配筋に関する研究

(建築学科) 福原安洋

The Study on the Panel Reinforcing for the Reinforced Concrete Shear Wall

Yasuhiro FUKUHARA

Two types of panel reinforcing, diagonally reinforcing type and vertically-transversally reinforcing type, for the reinforced concrete shear wall was discussed through analyzing and testing.

The stress and deformation of the shear walls was analyzed by the finite element method. Then the some characters through analyzing were compared with the test results by author.

This report cleared that the diagonally reinforcing is more effective than the vertically-transversally reinforcing to decrease the stress of panel concrete and also to prevent panel concrete from decreasing the stiffness.

§ 1 序

鉄筋コンクリート耐震壁の壁配筋は、一般には、施工のし易さのため、縦横筋が用いられている。しかしながら、鉄筋は、ひび割れと直行方向に配筋すること、すなわち斜め配筋することの方が、その効果が大きいはずであり、文献(1)、(2)、(3)の実験研究により、確かめられている。

この報告では、壁の縦横配筋と斜め配筋の場合について、その応力度及び、剛性に対する効果に関して、力学的な解析を行い、文献(2)で、報告した模型実験による結果と比較検討し、それぞれの配筋について、応力度、ひずみ度、及び剛性について考察を試みた。

§ 2 モデルについて

解析の対象モデルは、文献(2)で報告した試験体のうち、HV-1とD-1で、形状及び加

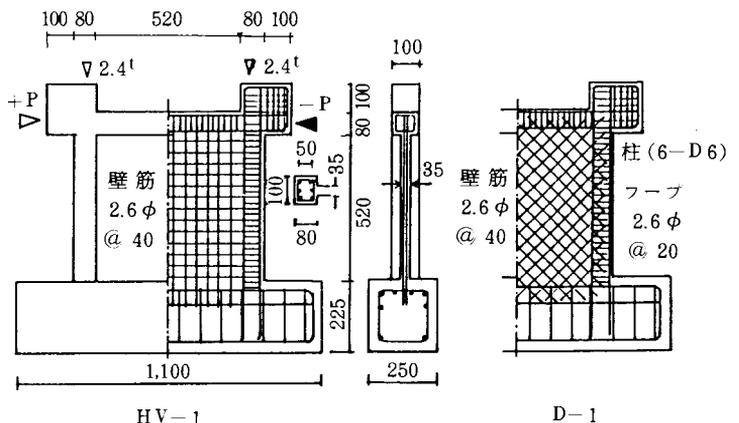


図 2.1 試験体形状

力などを図2.1に示す。また、壁筋の配筋については、縦横配筋のものと、45°斜め配筋のものがある。さらに、変位の測定点、鉄筋の歪測定点を図2.2に、材料の性質を表2.1に示す。

実験における、ひび割れの状況を写真2.1に、また、荷重たわみ曲線の一部を図2.3に示す。

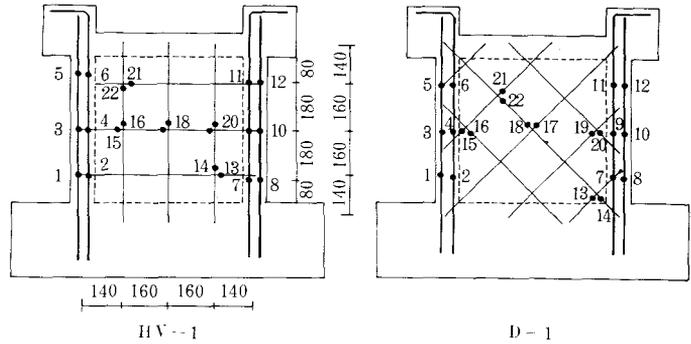


図 2.2 ひずみ測定位置

表 2.1 材料の性質

コンクリート	弾性係数 (kg/cm ²)		圧縮強度 (kg/cm ²)		
	HV-1	$E_c = 1.79 \times 10^5$		258	
D-1	$E_c = 2.04 \times 10^5$		318		
鉄筋	降伏応力度 (kg/cm ²)		引張強さ (kg/cm ²)		
	D 6	3330		4060	
	2.6φ	2230		2950	

* 鉄筋の弾性係数 $E_s = 2.1 \times 10^6$ (kg/cm²) とした。

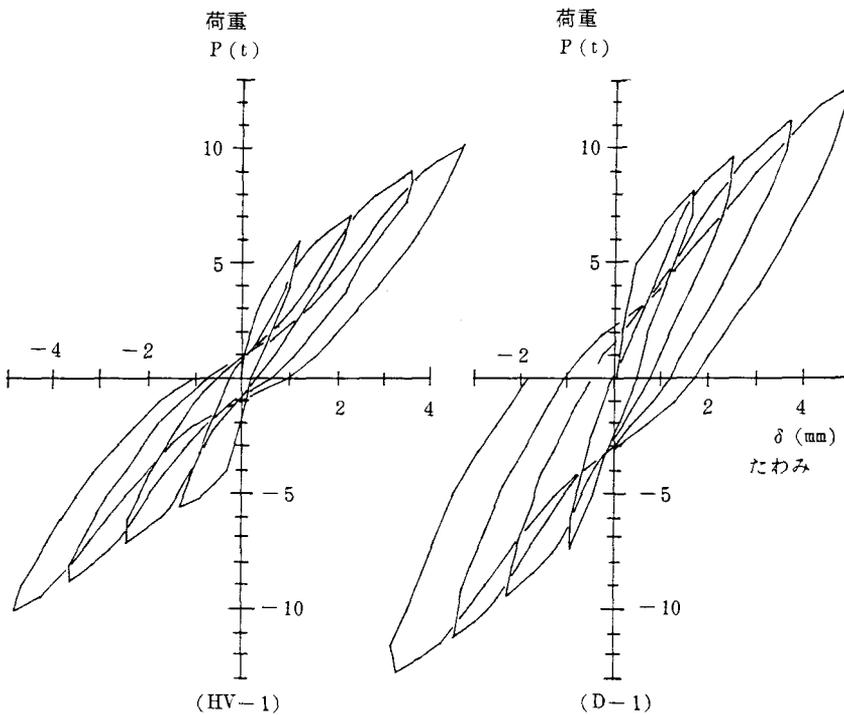
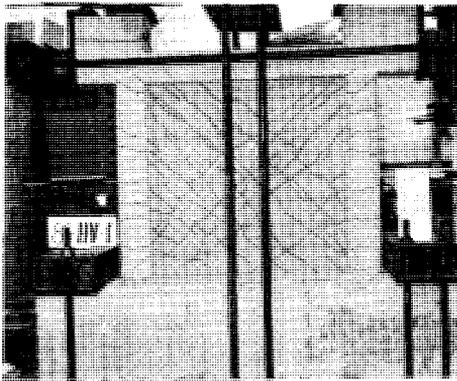
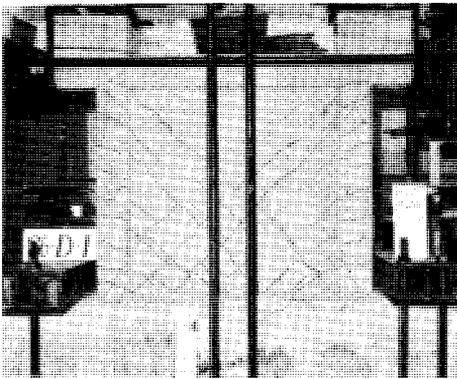


図 2.3 実験による荷重-たわみ曲線



(HV-1)



(D-1)

写真 2.1 ひびわれ状況図 ($\delta/h=1/200$)

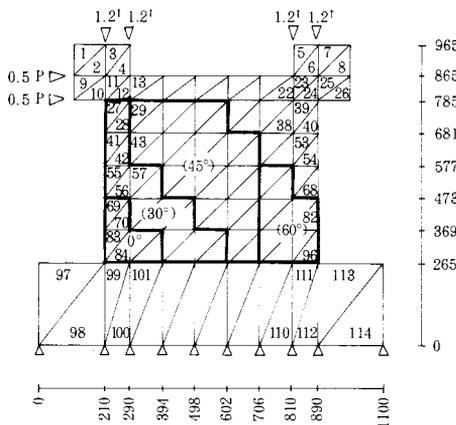


図 3.1 解析モデル及び異方性角度(θ)および要素番号

§ 3 解析方法及びその結果

3.1 解析対象及び解析方法

解析モデルは、図 3.1 のように、要素分割を行い FEM 解析を行った。

鉄筋コンクリートの、応力度や歪は、コンクリートのひび割れや、そのひび割れ面での応力伝達機構の不明、あるいは鉄筋との付着破壊などにより、精確な解析は困難であるが、次のような仮定により解析を行った。

要素モデルは、図 3.2 に示すような三角形要素モデルであり、このモデルは、コンクリート板と、鉄筋を、縦筋と横筋、それぞれ断面積の等価な、2つの鉄筋に仮定し構成される積層板である。この鉄筋の平板要素への換算板厚を、表 3.1 に示す。また鉄筋は、1軸方向引張応力のみ作用する異方性板であり、コンクリート板部分は、ひび割れ発生後には、特定の角度に対して圧縮応力のみ作用する異方性板に仮定し、異方性角度は、写真 2.1 に示す実験結果と、ひび割れ前の FEM 解析による主応力方向を参考にし、図 3.1 のように仮定した。さらに、コンクリート要素は、ひび割れや、鉄筋との付着破壊による損傷に伴う剛性低下を考慮し、壁板部分あるいは柱部分ごとに、コンクリートの弾性係数を低下させた。この低下率(β)については、文献(8)、(9)などを参考にして仮定した。これらの要素の一覧表を、表 3.2 に示す。

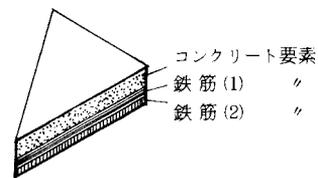


図 3.2 要素モデル図

表 3.1 鉄筋の要素厚の換算値

配筋	鉄筋	鉄筋比	換算板厚 (mm)
壁筋	2-2.6φ @ 40	$P_s=0.76\%$	0.266
柱はり主筋	6-D 6	$P_r=2.38\%$	2.38
フープ、あばら筋	2-2.6φ @ 20	$P_w=0.27\%$	0.27
土台主筋	8-D 13, 1-D 10	$P_g=1.93\%$	4.79

表 3.2 要素一覧表

要素	対象	解析 (1) (ひび割れ前)				解析 (2) (ひび割れ後)				解析 (3) (剛性低下後)			
		E_x	E_y	G	θ	E_x	E_y	G	θ	E_x	E_y	G	θ
コンクリート	壁板	E_c	E_c	G		E_c	E_c	G		$E_y=0.5 E_c$ 他は、解析(1)と同じ。			
	柱はり	E_c	E_c	G		E_c	E_c	G		$E_x=0.67 E_c$ 他は解析(1)と同じ			
鉄筋 (1)	横筋	E_s	0	0	0	解析(1)と同じ				解析(1)と同じ			
	斜め筋	E_s	0	0	45								
鉄筋 (2)	縦筋	0	E_s	0	0								
	斜め筋	0	E_s	0	45								

コンクリートのポアソン比 = 0.167 θ : 異方性角度

以上述べたように、この解析値は、かなり大胆な仮定のもとに行われているが、その妥当性についてみるため、文献(3)に示されている他者による、複雑な仮定による計算値と比較した。その結果は、図 3.8 に示すように、今回の仮定でも、ひび割れ後の剛性低下を考慮することにより十分に対応できることが分かる。

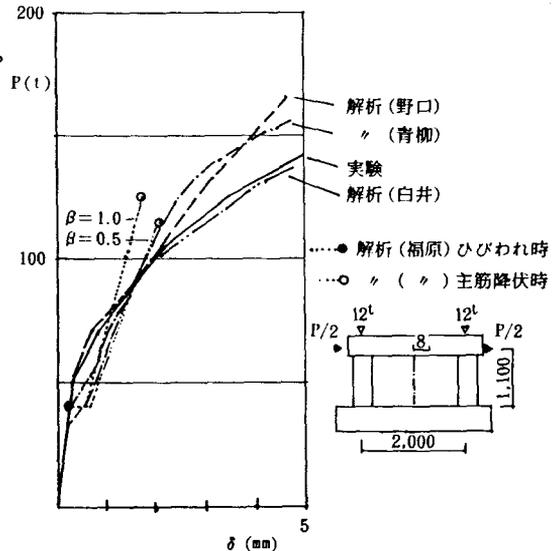


図 3.3 選定試験体の実験値と解析値
(ただし β は壁板部分の E_c の低下率)

3.2 要素モデルの応力と歪

(1) 異方性モデル

異方性モデルの応力 (σ), 剛性 (D), および歪は次式で表される。

$$[\sigma] = [D][\varepsilon] \quad (1)$$

ただし

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} \quad (2) \quad [D] = \frac{\beta}{1-\nu_x\nu_y} \begin{bmatrix} E_x & \nu_y E_x & 0 \\ \nu_x E_y & E_y & 0 \\ 0 & 0 & (1-\nu_x\nu_y)/G_{xy} \end{bmatrix} \quad (3) \quad [\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma \end{bmatrix} \quad (4)$$

また, ν_x, ν_y は, ポアソン比, さらに, コンクリートの弾性係数の, ひび割れ等による低下率を, β とする。

また, 主応力 (σ_1, σ_2) およびその角度 (θ) は, 次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_x \cos^2 \theta + 2\tau \cos \theta \sin \theta + \sigma_y \sin^2 \theta \\ \sigma_2 &= \sigma_x \sin^2 \theta - 2\tau \cos \theta \sin \theta + \sigma_y \cos^2 \theta \end{aligned} \quad (5)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} (2\tau / (\sigma_x - \sigma_y)) \quad \text{ただし, } \sigma_x = \sigma_y \text{ の時 } \theta = \pi/4$$

また, θ は, 反時計方向を正とする。

(2) 1軸応力要素モデル

鉄筋要素や, ひび割れの生じたコンクリートモデルは, 表 3.2 に示すような, 一軸応力モデルとし, コンクリート要素は, ひび割れや, ひび割れ部分の付着破壊などによる剛性低下を考慮するため, 弾性係数に, 低下率 (β) を乗ずる。

$$\sigma_a = [D_a][\varepsilon_a] \quad (6)$$

ただし

x 方向 1 軸応力の場合

$$D_a = \beta E / (1-\nu^2) \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

y 方向 1 軸応力の場合

$$D_a = \beta E / (1-\nu^2) \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\varepsilon_a = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9-1)$$

$$\varepsilon_a = \begin{bmatrix} 0 \\ \varepsilon_y \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9-2)$$

また, 全体座標系での, 応力度 (σ_a') と歪度 (ε_a') は, 座標変換マトリクス (T) を用いると, 次の関係がある。

$$[\sigma_a] = [T][\sigma_a'] \quad (10)$$

$$[\varepsilon_a] = [T^{-1}]^T [\varepsilon_a'] \quad (11)$$

ただし

$$[T] = \begin{bmatrix} C^2 & S^2 & 2SC \\ S^2 & C^2 & -2SC \\ -SC & SC & C^2 - S^2 \end{bmatrix} \quad \text{ただし } S = \sin \theta \quad C = \cos \theta \quad (12)$$

また、(6)式を(10)、(11)に代入すると、次式が得られる。

$$[\sigma_e'] = [D_e'] [\varepsilon_e'] \quad (13)$$

ただし、

$$[D_e'] = [T^{-1}] [D_e] [T^{-1}]^T \quad (14)$$

なお、当然の事ながら、主応力は、(6)式であり、その角度は、1軸応力方向である。

§ 4 検討及び考察

4.1 ひび割れ前の応力について

解析結果による、応力図を、図4.1(a)、(b)、図4.2(a)、(b)に示す。

この図より、縦横配筋(HV)では、壁筋は引張応力を負担していない。一方、斜め配筋(D)の場合は、かなりの応力負担があることが分かる。これは、図4.3の実験による、荷重-歪曲線でも明かである。これは、壁板部では、せん断応力度が主体であり、主ひずみは、45°方向となるためである。すなわち、縦横配筋は、ひび割れ発生前には効果が少ないということである。

4.2 ひび割れと剛性について

ひび割れは、図4.1、および図4.2の、ひび割れ前の解析結果における主応力方向に発生すると考

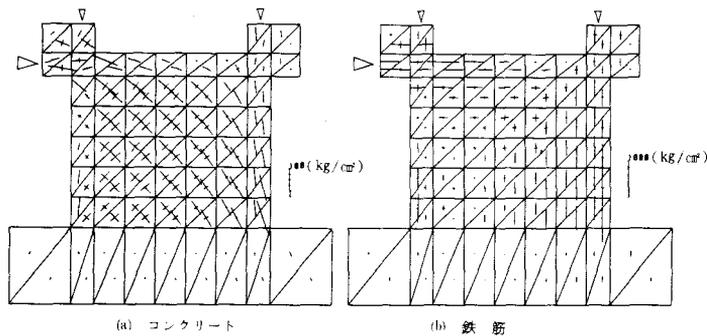


図4.1 ひび割れ前主応力図 (HV-1, P=5t)

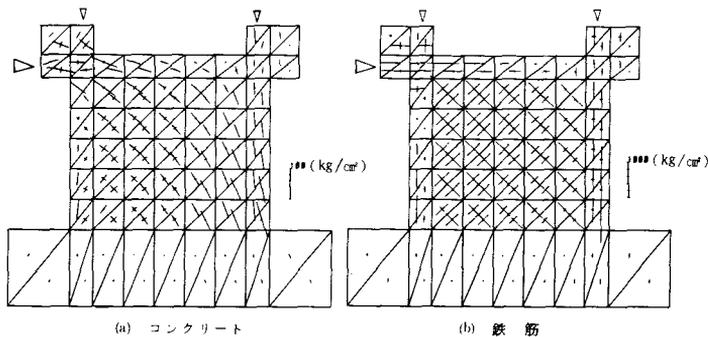


図4.2 ひび割れ前主応力図 (D-1, P=5t)

えられる。実験におけるひび割れの状況は、写真4.1(a), (b)のように、壁板部では、ほぼ45°方向に生じている。ただし、曲げ引張力を受ける、図の左下付近では、これより角度が小さくなっている。一方、ひび割れ前の解析結果によると、曲げ圧縮力を受ける、図の右下部分で、60°程度の角度を示している。これらの結果を参考にして、図3.1のようにひび割れ後の主応力方向を仮定した。

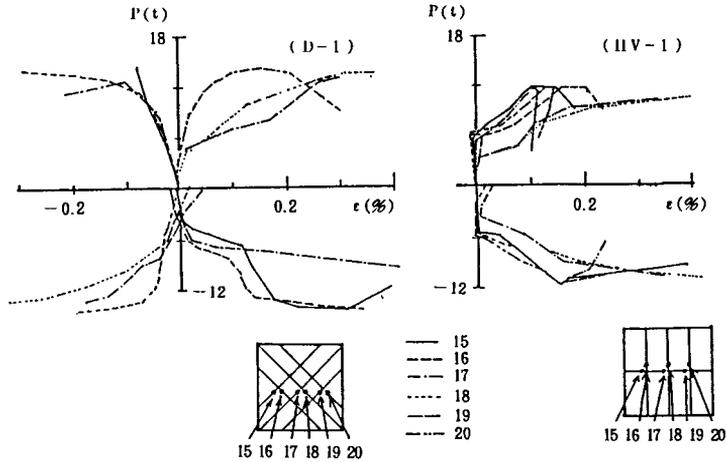


図 4.3 壁筋のひずみ曲線

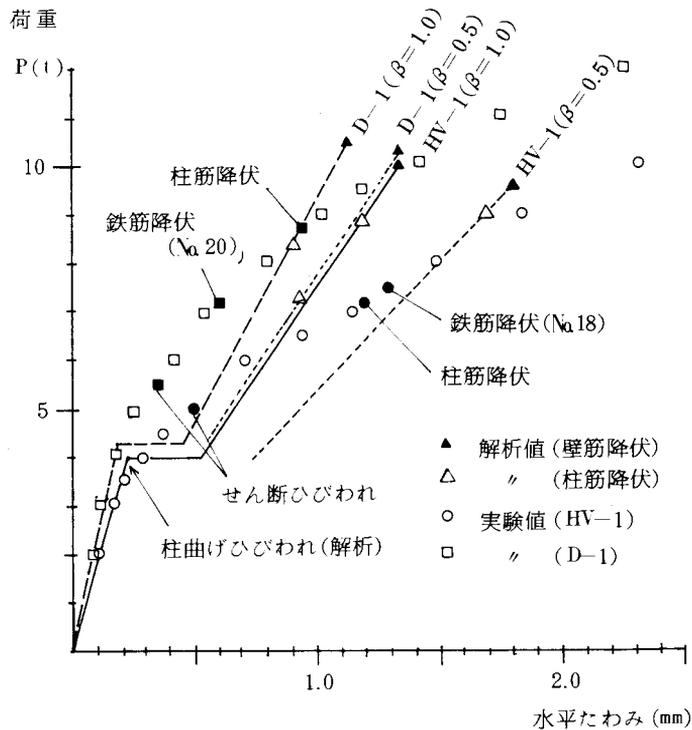


図 4.4 解析および実験によるたわみ

解析および実験の結果を、図4.4の荷重-たわみ曲線で見ると、

- (1) ひび割れ前の剛性は、解析値と実験値は、ほぼ一致している。また、実験および解析とも、斜め配筋による剛性に対する効果が現れている。
- (2) 柱に生ずる、曲げひび割れ強度も、ほぼ解析値と、実験値は近似している。
- (3) ひび割れ後は、HV（縦横配筋）では、D（斜め配筋）に比べ、剛性低下が大きい。

4.3 ひび割れ後の変形とひずみについて

ひび割れの発生後は、正負繰り返し載荷の効果も加わり、特に、HVでは、剛性の低下が大きいので、解析においては、コンクリートの剛性低下 ($\beta=0.5$) を考慮した。この解析結果と実験結果から次の事が分かる。

(1) 図4.4でわかるように、縦横配筋のものは水平変形角 $\delta/h=0.9/600$ までは $\beta=1$ の解析値に近く、水平変形角 $\delta/h=1/500$ ($\delta=1.2\text{mm}$) 以後は、 $\beta=0.5$ とした解析値に近づく。

また、斜め配筋のものは、 $\delta/h=0.9/600$ ($\delta=0.9\text{mm}$) 付近で、柱筋が降伏するまで、解析値より大きな剛性を示す。このことより、縦横配筋は、ひび割れ後の剛性低下が大きく、コンクリートの弾性係数の、50%低下を見込むことが必要であるが、斜め配筋では、その必要がないことがわかる。

(2) フレームの変形は、図4.5に示すように、全体的には、斜め配筋のものが、縦横配筋に比べて、曲げ変形が大きい傾向にある。また解析値では、左柱中間部の水平変形が大きくでているが、これは解析仮定において、ひび割れの生じたコンクリート要素のせん断剛性を無視したためであろう。実際には、ひび割れ面での摩擦、あるいは、柱部材の曲げ剛性などにより、せん断応力度に対する抵抗作用があるはずであり、ここでの水平変形は、解析値に誤差が生じている。

(3) ひび割れ後のコンクリートの主応力度の分布を、図4.6に示すが、その大きさについては、斜め配筋の方が、30%程度小さく、斜め配筋の効果のあることを示している。また、応力の分布傾向については、ほぼ同様の傾向を示している。

(4) 実験において、壁筋のひずみは、図4.3のように、配筋の方法により挙動が異なる。すなわち、縦横配筋は、ひび割れ後は、縦筋も横筋も引張力を負担し、正負交互の荷重に対して、常に大きな引張ひずみを受ける。一方、斜め配筋は、圧縮ストラット方向では、圧縮ひずみを、また、ひび割れと直行方向では、引張ひずみを受ける。このことは、解析値においても同様に現れており、表4.1にその比較を示す。この表を見ると、実験値は、繰り返し載荷による、残留ひずみや、測点に偶然にひび割れが集中したりすることによる影響もあり、解析値と完全には比較できないものではあるが、斜め

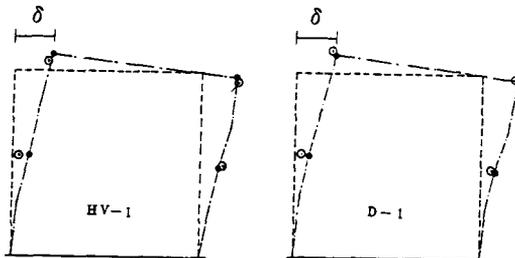


図4.5 フレームの変形 ($\delta=1.2\text{mm}$)
○実験値 ●解析値

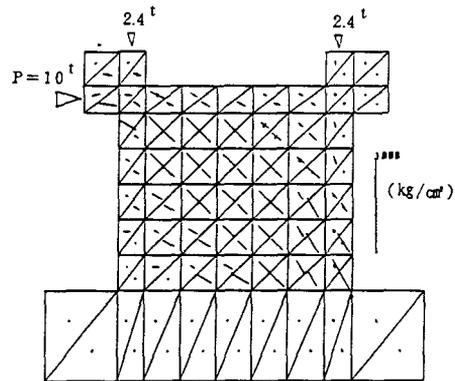


図4.6 ひび割れ後のコンクリートの主応力図 (HV-1, $P=10^t$)

配筋の場合は、コンクリートの剛性低下を考慮しない場合 ($\beta = 1$) の方が、より近似している。

一方、縦横配筋の場合は、剛性低下を考慮した解析値の方が、より近似していることが分かる。

また、横筋のひずみが、解析値では小さくなっているが、これは解析仮定における、ひび割れ要素のコンクリートのせん断剛性を無視したことによると思われる。このことは、横筋の効果は、その定着端である、柱部の剛性に依存すること、また、ひび割れ後は、柱部の曲げ剛性や、ひび割れ面の摩擦などにより、主ひずみの方向が、ひび割れ時の方向と異なる（少し水平に近くなる）ことによる影響があることを示唆している。

表 4.1 鉄筋のひずみ (HV-1: P=7.29^t $\delta=1.2\text{mm}$
D-1: P=9.86^t $\delta=1.2\text{mm}$)

場 所	実験 測点 位置	HV-1 のひずみ ($\times 10^{-6}$)				D-1 のひずみ ($\times 10^{-6}$)			
		実験 値	解 析 値			実験 値	解 析 値		
			要素No	解析2	解析3		要素No	解析2	解析3
柱 圧縮側	1	-483	82	-339	-506	-563	82	-427	-610
	2	-100	81	-18	-32	-332	81	-51	-128
	3	-27	63	-150	-225	-109	68	-23	-350
	4	-207	67	-83	-147	-219	67	-98	-186
	5	-62	40, 54	-54	-63	-58	40, 54	-111	-166
	6	-131	39, 53	-135	-222	-175	39, 53	-152	-234
柱 引張側	7	1092	70	640	592	1574	70	968	948
	8	<u>1627</u>	83, 69	1151	1200	<u>1987</u>	69, 83	1482	1523
	9	842	56	845	834	1305	56	1119	1091
	10	1854	55	841	850	1693	55	1047	1039
	11	837	28, 42	782	788	1223	28, 42	813	736
	12	735	41	789	762	1256	41	976	935
壁 横筋 または 斜め筋	13	543	72, 73	321	436	106	85, 86	-39	-366
	15	202	64, 65	245	100	-587	65, 66	-547	-858
	17	<u>1113</u>	61, 62	371	429	-470	61, 62	-394	-704
	19	732	58, 59	341	534	-511	57, 58	-200	-440
	21	100	36	-154	91	-232	36	-370	-627
壁 縦筋 または 斜め筋	14	967	72, 73	777	701	<u>1464</u>	85, 86	998	1284
	16	499	64, 65	239	385	292	65, 66	182	395
	18	<u>1176</u>	61, 62	828	646	<u>1192</u>	61, 62	993	1169
	20	713	58, 59	778	758	<u>2062</u>	57, 58	1238	1428
	22	-141	51	-24	-56	-65	51	97	197

(1) アンダーラインは、降伏ひずみを越えている。主筋 $\epsilon_y = 1586 \times 10^{-6}$
壁筋 $\epsilon_y = 1062 \times 10^{-6}$

(2) 解析2：コンクリート弾性係数 $E = E_c$ 解析3： $E = 0.5 E_c$

(3) 実験測定位置は、図 2.2 に示す。

§ 5 結 び

以上の検討の結果、次の事が明らかとなった。

- (1) 縦横配筋は、ひび割れ前には、応力負担の効果が小さいことが、解析の上でも明らかとなった。
- (2) 斜め配筋は、縦横配筋に較べ、ひび割れ発生前も、その後も剛性を大きくすることに効果があることが、実験、および解析いずれにおいても明らかである。
- (3) 斜め配筋は、ひび割れ後における、コンクリートの圧縮応力の負担が小さく、コンクリートの剛性低下が小さい。

今回は、鉄筋降伏までの、挙動について検討を行ったが、今回の検討結果より、鉄筋降伏後も、斜め配筋の方が、縦横配筋に較べ、剛性、耐力面でも有利なことが予想される。このことについては、次回に報告する予定である。

最後に、本研究を、卒業研究として、ご協力いただいた、田村祐一氏（現在、日本国土開発㈱）に、深謝します。

<参考文献>

- (1) 福原安洋：鉄筋コンクリート耐震壁のせん弾力負担に関する実験研究（その1）配筋に関する実験
日本建築学会中国支部研究報告集，第13巻，昭和61年3月
- (2) 福原安洋：鉄筋コンクリート耐震壁のせん弾力負担に関する実験研究（その2）配筋に関する実験Ⅱ
日本建築学会大会学術講演梗概集，（近畿），昭和62年10月
- (3) 福原安洋：鉄筋コンクリート耐震壁のせん弾力負担に関する実験研究（その3）壁の配筋方法及耐力について，
日本建築学会中国支部研究報告集，第14巻，昭和63年3月
- (4) 菅野俊介：「耐震壁選定試験体」選定理由および実験データの概要
第2回R C構造のせん断問題に関する解析的研究に関するコロキウム，解析モデル検証用試験体の実験データ集，（日本コンクリート工学協会）昭和58年10月
- (5) 菅野俊介：「耐震壁選定試験体」選定理由実験データと解析結果の比較
第2回R C構造のせん断問題に関する解析的研究に関するコロキウム，解析モデル検証用試験体の実験データ集〔追加資料〕（日本コンクリート工学協会）昭和58年10月
- (6) 磯畑 脩：有限要素法によるコンクリート構造物の2次元弾塑性解析
日本建築学会論文報告集，第189号，昭和46年11月
- (7) 小池，武田，山口，長沼：鉄筋コンクリート平板の2軸載荷実験（その1），（その2）
日本建築学会大会学術講演梗概集，（近畿），昭和62年10月，pp 373-376
- (8) 瀬谷，東端，谷口，上田：面内せん断力を受ける鉄筋コンクリート板の構成則に関する研究
日本建築学会大会学術講演梗概集，（近畿），昭和62年10月，pp 361-362

（昭和63年10月15日受付）

正誤表

春秋正義詁註(三)

7	6	4		3	2											2	頁段行		
下	下	上		上	下											上	行		
7	5	23	21	26	24	4	1	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	15	
應邵	應邵	應邵	爵	「箴育育」	「左氏育育」	「育育」	「育育」	傳	傳	傳	傳	傳	傳	傳	傳	傳	日はく	傳	誤
應邵	應邵	應邵	爵	「箴育育」	「左氏育育」	「育育」	「育育」	傳	傳	傳	傳	傳	傳	傳	傳	傳	日はく	傳	正

30	25	24	21	20	19	頁段行
上	下	上	下	上	下	行
4	17	4	11	5	8	
昭公三十年傳	晉叔嚮	叔嚮	寢	「育育」	「育育」	誤
昭公三十年傳	晉叔嚮	叔嚮	寢	「育育」	「育育」	正

春秋正義詁註(四)

37	35	頁段行
下	下	行
24	19	
人伐鄭	③釋例	誤
人衛人伐鄭	③「釋例」	正

春秋正義詁註(五)

46	22	16	頁段行
上	下	下	行
14	3	12	
公の會孫	謂君釋	刑國	誤
公の會孫	謂君釋	刑國	正

春秋正義詁註(六)

26	22	11	頁段行
下	下	下	行
6	23	14	
「藏書」	行司馬中央	「釋例」	誤
「藏否」	行司馬中士	「釋例」	正

春秋正義詁註(七)

6	頁段行
下	行
3	
李孫行父	誤
季孫行父	正

春秋正義詁註(八)

30	2	1	頁段行
上	下	下	行
11	8	6	
丑、烝	姜有り	(桓松)	誤
丑、烝	姜有り ⁽²³⁾	(桓松)	正

春秋正義詁註(十一)

33	頁段行
下	行
19	
十干	誤
十干	正

春秋正義詁註(十四)

19	頁段行
上	行
15	
疆場無主	誤
疆場無主	正

する所は、能を信じて人を用ふるなり。

〔傳〕 元年、革車三十乘、季年、乃三百乘

〔注〕 衛文公以此年冬立、齊桓公始平魯亂、故傳因言齊之所以霸、
衛之所由興、革車兵車、^①季年在僖二十五年、蓋招懷迸散、故
能致十倍之衆

① 僖公二十五年経に「夏、四月癸酉、衛侯燬卒」「葬衛文公」
とある。

（未完）

昭和六十三年十月十五日受付

⑧ 『規過』 劉炫『春秋規過』

〔傳〕 立可必乎、孝而安民、子其圖之

〔注〕 奉身爲孝、不戰爲安民

〔傳〕 與其危身以速罪也

〔注〕 有功益見害、故言孰與危身以召罪

〔疏〕 孝而罪也

正義に曰はく、去れば則ち孝にして民を安んじ、留むれば則ち身を危ふくして罪を召く。其の身を危ふくして以て罪を召くに等與ぞ。豈孝にして民を安んずるがごとくならんや。勸めて逃しむるなり。

〔傳〕 成風聞成季之繇、乃事之

〔注〕 成風莊公之妾、僖公之母也、繇卦兆之占辭

〔傳〕 而屬僖公焉、故成季立之、僖之元年、齊之桓公遷邢于夷儀、二年、封衛于楚丘、邢遷如歸、衛國忘亡

① 僖公元年経に「夏、六月、邢遷于夷儀」とあり、「伝」に「夏、六月、邢遷于夷儀、諸侯城之救患也」とある。

② 僖公二年経に「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。

〔注〕 忘其滅亡之困

〔傳〕 衛文公大布之衣、大帛之冠

〔注〕 大布纁布、大帛厚綰、蓋用諸侯諒闇之服

〔傳〕 務材、訓農、通商、惠工

〔注〕 加惠於百工、賞其利器用

〔傳〕 敬教、勸學、授方、任能

〔注〕 方百事之宜也

〔疏〕 務材、任能

正義に曰はく、「材を務む」とは、務めて材用を植するに在るなり。「農を訓ふ」とは、民に訓へて農業を勸むるなり。「商を通ず」とは、商販の路を通じ、貨利をして往來せしむるなり。「工を恵む」とは、恩恵を百工に加へ、其の器用を利するを賞するなり。「教へを敬す」とは、民に五教を敬せしむるなり。「學を勸む」とは、民に學問を勸むるなり。「方を授く」とは、民に授くるに事を以てし、皆方法有るなり。「能に任ず」とは、其の委任

成也、謂飾牆使白之蟻、今東萊用蛤、謂之又灰云」とある。

⑦ 鄭玄 注⑥参照。

⑧ 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。

⑨ 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

⑩ 方相の士 『周礼』夏官・方相氏に「方相氏、掌蒙熊皮、

黄金四目、玄衣朱裳、執戈揚盾、帥百隸而時難、以索室毆疫」

とある。序官に「狂夫四人」とあり、鄭玄注に「方相猶言放

想、可畏怖之貌」とある。

⑪ 「晉語」 『国語』晋語一に「且是衣也、狂夫阻之衣也」

とあり、韋昭注に「狂夫方相氏之士也、阻古阻字、將服是衣、

必先阻之」とある。

⑫ 韋昭 注⑪参照。

⑬ 劉（炫） 『春秋左氏伝述義』 本疏引。

〔傳〕 天子將戰、狐突諫曰、不可、昔辛伯諗周桓公

〔注〕 諗告也、事在桓十八年^①

① 桓公十八年伝に「周公欲弑莊王而立王子克、辛伯告王、遂

与王殺周公黑肩、王季克奔燕、初子儀有寵於桓王、桓王属諸

周公、辛伯諫曰、並后、匹嫡、兩政、耦国、乱之本也、周公

弗從、故及」とある。

〔傳〕 云、内寵並后、外寵二政、嬖子配適、大都耦國、亂之本也、

周公弗從、故及於難、今亂本成矣

〔注〕 驪姬爲内寵、二五爲外寵、奚齊爲嬖子、曲沃爲大都、故曰亂本成矣

〔疏〕 注驪姬成矣

正義に曰はく、辛伯の語先づ成文有れば、其の内寵の徒は晉の爲に發せず。故に劉炫云ふ、^①「二五の嬖賤しければ、政を二つにすと爲すを得ず。天子曲沃を以て亂を作さざれば、大都と爲すを得ず」と。而るに杜（預）、^②「驪姬を内寵と爲し、二五を外寵と爲し、奚齊を嬖子と爲し、曲沃を大都と爲す」と云ふは、今刪定して以爲へらく、辛伯の言は晉の爲に要せずと雖も、晉國の亂は事理相當たる。故に杜（預）、^③事を以て之に託す。二五、耦を爲して晉室を墜傷す。曲沃彊大にして太子之に居り。又、^④屈と蒲とを築き、^⑤終に禍難を爲す。但此れ太子に據るが故に、^⑥曲沃を以て文を爲す。劉君此の旨に達せずして^⑦「規過」を爲すは、「傳」の意に違ふなり。

① 劉炫 『春秋規過』 本疏引。

② 二五 外嬖の梁五と東閔の嬖五の二人。

③ 莊公二十八年伝に見える。

④ 殿本に「故且以事託之」を「故杜以事託之」に作る。

⑤ 殿本に「曲沃疆大」を「曲沃彊大」に作る。

⑥ 殿本に「太子奔之」を「太子居之」に作る。

⑦ 屈と蒲 莊公二十八年伝に見える。

⑧ 殿本に「不達此時」を「不達此旨」に作る。

り。

〔疏〕注脈宜ノ脈器

正義に曰はく、「釋天」に云ふ、「大事を起こし、大衆を動かすには、必ず先づ社に事ふること有りて後に出づ。之を宜と謂ふ」と。兵を出だすには必ず社を祭り、社を祭ること名づけて宜と爲すを知る。『周禮』大宗伯に「脈籥の禮を以て兄弟の國を親しむ」と。定(公)十四年に「天王、石尙をして來りて脈を歸らしむ」と。脈は是れ器物にして、之を執りて以て人に賜ふべきを知るなり。今(「傳」に)「脈を社に受く」と言ふは、明らかに是れ社を祭るの肉盛るに脈器を以てし、元帥に賜ふなり。地官の「掌蜃」に「祭祀に蜃器の蜃を共す」と。鄭玄云ふ、「蜃は大蛤。蜃の器は蜃を以て飾る。因りて名づく」と。

〔疏〕注阻疑也

正義に曰はく、劉炫云ふ、「(杜預注の)『阻は疑なり』とは、意を以て訓ずるのみ。今の言に阻疑と云へば、是れ阻は疑と爲すを得るなり。狂夫と雖も猶此の服に疑有ることを知るを言ふなり」と。服虔云ふ、「阻は止なり。方相の士は、玄衣・朱裳を蒙り、室の中を求めて疫を齎ることを主る。之を號して狂夫と爲す。此の服を止むとは、君、大子に與ふるに狂夫の止むる所の服を以て之に衣するを言ふなり」と。『晉語』に云ふ、「且つ是の衣や、狂夫の阻ふ衣なり」と。韋昭云ふ、「狂夫は方相氏の士なり。阻は古の阻の字なり。將に是の衣を服せんとするや、必ず先づ之を阻ふ」と。是れ正訓無きに由りて各意を以て解す。劉(炫)以爲へらく、方相氏の狂夫服する所の玄衣・朱裳なり、と。左右同色なれば、偏衣と爲すことを得ざるなり。當に此の衣を服すべけれ

ば、是の意は止むる所に非ざるなり。詛ひて乃ち之を服すとは、文の出づる所無きが故に、杜(預)別に此の解を爲す。

〔疏〕注曰公辭

正義に曰はく、「公の辭」と言ふは、當に公の之に偏衣・金玦を賜ふを以て其の義理を推し、公の意を原ねて之が爲に辭を作るべし。公、言を出だして此の辭を作るには非ざるなり。

① 殿本に「師」を「御」に作る。

狐突は戎に御となっており、「狐突歎曰」「狐突諫曰」とあって狐突の言葉がある。

② 『譜』『春秋釈例』世族譜第四十五之上の晋國の項に見える。

③ 『釋天』『爾雅』釈天に「起大事、動大衆、必先有事乎社而後出、謂之宜」とある。

④ 『周禮』大宗伯 『周礼』春官・大宗伯に「以脈籥礼親兄弟之國」とあり、鄭玄注に「脈籥社稷宗廟之肉、以賜同姓之國、同福祿也、兄弟有共先王者、魯定公十四年、天王使石尙來歸脈」とある。

⑤ 定(公)十四年 定公十四年經に「天王使石尙來歸脈」とあり、杜預注に「脈祭社之肉、盛以脈器、以賜同姓諸侯、親兄弟之國、与之共福」とある。

⑥ 地官の「掌蜃」 『周礼』地官・掌蜃に「祭祀共蜃器之蜃、共白盛蜃」とあり、鄭玄注に「飾祭器之屬也、鬯人職曰、凡四方山川用蜃器、春秋定十四年、秋、天王使石尙來歸蜃、蜃之器以蜃飾、因名焉、鄭司農云、蜃可以白器令色白、盛猶

〔傳〕 狐突欲行

〔注〕 行亦去也

〔傳〕 羊舌大夫曰、不可、違命不孝、弃事不忠、雖知其寒、惡不可取、子其死之

〔注〕 寒薄也

〔疏〕 狐突、死之

正義に曰はく、「傳」の上下、諸「某、戎に御となり、某、右と爲る」と言ふは、國君自ら將たるを謂ふ。太子も亦然るは、君の事を攝するが故に、君と文を同じくするなり。「傳」に將・帥・御・右なる者を歴言して以て下に各言有るが故に、此に其の目を擧ぐ。先友、君に太子を害するの心有るを知らざるが故に、此の衣佩を推し、以て善事と爲して之を勸む。狐突、先友の君意を知らざるを歎じて乃ち時・衣・佩の三者を極言し、反覆して以て之に荅ふ。罕夷は唯服・佩の二事を擧ぐるが故に、「彪奇は常無く、金玦は復らず」と云ふなり。其れ梁餘子養・先丹木は唯服を言ひて其の重き者を擧ぐるが故に、子養は「獲ずして彪す。命知るべきなり」と云ひ、先丹木は「是の服や、狂夫も之を阻しむ」と云ふ。是れ皆大子の行らんことを勸むるなり。狐突、衆言の己に同じきを以ての故に、意を決して行らんと欲す。羊舌大夫、乃ち忠孝の事を以て之を勸めて留めしむ。各意の示す所を以ての故に、其の言或ひは深く、或ひは淺し。

〔疏〕 注羊舌、軍尉

正義に曰はく、羊舌は氏なり。爵は大夫爲り。號して羊舌大夫と曰ふは、其の如何なるかを知らざるなり。此の人、羊舌職を生み、（羊舌）職、叔向を生む。故に（杜預注に）叔向の祖父と爲す。『譜』に云ふ、「羊舌氏は晉の公族、羊舌は其の食する所の邑なり。或ひと曰はく、羊舌氏、姓は李、名は果。人有り、羊を盗みて其の頭を遺る。敢へて受けざることをせず。受けて之を埋む。後羊を盗みしこと發す。辭、李氏に連なる。李氏、羊頭を掘りて之を示し、以て己の食せざることを明らかにす。唯其の舌を識る。舌存して免るるを得たり。號して羊舌氏と曰ふなり」と。或ひと曰はくとは、誰か此の言を爲すかを知らず。杜（預）、從はざる所にして、異聞を記すのみ。

〔疏〕 服以、恃也

正義に曰はく、「傳」の「服以て之を遠ざく」は、上の「之に彪服を衣す」を覆ふなり。「傳」の「時以て之を闕づ」は、上の「命ずるに時の卒はりを以てす」を覆ふなり。上は「時」を先にして「服」を後にし、此に「服」を先にして「時」を後にするは、下の「彪は涼しく、冬は殺す」の文に連なり、又「冬は殺す」をして「金は寒し」と相近からしめんと欲し、「冬は殺す」は是れ時なるを以ての故に、之を退ぞけて下に在り。「彪は涼し」と言ふは、則ち上の「之に彪服を衣す」を申ぶるなり。「冬は殺す」とは、則ち上の「命ずるに時の卒はりを以てす」を申ぶるなり。「彪は涼し」は服に據り、「冬は殺す」は時に據るのみ。「金は寒く、玦は離る」は、上の「佩ばしむるに金玦を以てす」を申ぶるなり。金は是れ秋の寒氣なるが故に、「金は寒し」と言ふな

〔傳〕服其身、則衣之純

〔注〕必以純色爲服

〔傳〕用其衷、則佩之度

〔注〕衷中也、佩玉者士君子常度

〔傳〕今命以時卒、闕其事也

〔注〕冬十二月闕盡之時

〔傳〕衣之衫服、遠其躬也

〔注〕衫雜色

〔傳〕佩以金玦、弃其衷也、服以遠之、時以闕之、衫涼、冬殺、金

寒、玦離、胡可恃也

〔注〕寒・涼・殺・離言無溫潤、玦如環而缺不連

〔傳〕雖欲勉之、狄可盡乎、梁餘子養曰、帥師者、受命於廟、受賑
於社

〔注〕賑宜社之肉、盛以賑器

〔傳〕有常服矣、不獲而衫、命可知也

〔注〕韋弁服軍之常也、衫偏衣

〔傳〕死而不孝、不如逃之、罕夷曰、衫奇無常

〔注〕雜色奇怪、非常之服

〔傳〕金玦不復、雖復何爲、君有心矣

〔注〕有害天子之心

〔傳〕先丹木曰、是服也、狂夫阻之

〔注〕阻疑也、言雖狂夫、猶知有疑

〔傳〕曰、盡敵而反

〔注〕曰公辭

〔傳〕敵可盡乎、雖盡敵、猶有內讒、不如違之

〔注〕違去也

に似たるを知るなり。

〔傳〕 佩之金玦

〔注〕 以金爲玦

〔傳〕 狐突御戎、先友爲右

〔注〕 狐突伯行、重耳外祖父也、爲申生御、申生以天子將上軍

〔傳〕 梁餘子養御罕夷、先丹木爲右

〔注〕 罕夷晉下軍卿也、梁餘子養爲罕夷御

〔傳〕 羊舌大夫爲尉

〔注〕 羊舌大夫叔向祖父也、尉軍尉

〔傳〕 先友曰、衣身之偏

〔注〕 偏半也

〔傳〕 握兵之要

〔注〕 謂佩金玦將上軍

〔傳〕 在此行也、子其勉之、偏躬無慙

〔注〕 分身衣之半、非惡意也

〔傳〕 兵要遠災

〔注〕 威權在己、可以遠害

〔傳〕 親以無災、又何患焉、狐突歎曰、時事之微也

〔注〕 歎以先友爲不知君心

〔傳〕 衣身之章也

〔注〕 章貴賤

〔傳〕 佩衷之旗

〔注〕 旗表也、所以表明其中心

〔傳〕 故敬其事、則命以始

〔注〕 賞以春夏

〔傳〕 故曰冢子、君行則守、有守則從、從曰撫軍、守曰監國、古之制也、夫帥師專行謀

〔注〕 帥師者、必專謀軍事

〔傳〕 誓軍旅

〔注〕 宣號令也

〔傳〕 君與國政之所圖也、非大子之事

〔注〕 國政正卿

〔傳〕 師在制命而已

〔注〕 命將軍所制

〔傳〕 稟命則不威、專命則不孝、故君之嗣適、不可以帥師、君失其官、帥師不威、將焉用之

〔注〕 大子統師、是失其官也、專命則不孝、是爲帥必不威也

〔傳〕 且臣聞、臯落氏將戰、君其舍之、公曰、寡人有子、未知其誰立焉、不對而退、見大子、大子曰、吾其廢乎、對曰、告之以臨民

〔注〕 謂居曲沃

〔傳〕 教之以軍旅

〔注〕 謂將下軍

〔傳〕 不共是懼、何故廢乎

〔疏〕 對曰告之、廢乎

正義に曰はく、(里) 克謂ふ、大子曲沃に還り、百姓に告ぐるに下民に臨み示すの事を以てし、並びに之に軍旅の法を教へ、是の二事を共せざらんことを懼と爲せ。何の故に其の廢せられんことを憂ふるや、と。

(三)

〔傳〕 且子懼不孝、無懼弗得立、脩己而不責人、則免於難、大子帥師、公衣之偏衣

〔注〕 偏衣左右異色、其半似公服

〔疏〕 注偏衣、公服

正義に曰はく、下(傳)に「其の身に服すれば、則ち之に純を衣す」と云へば、此の「偏衣」は純ならざるを言ひ、其の左右は色を異にするを知るなり。又(傳に)「其の偏を衣せ」と云へば、公、身ら衣するの偏半を以て大子に衣するを言ひ、其の半は公服

是詩也」とある。

〔傳〕 晉侯使大子申生伐東山臯落氏

〔注〕 赤狄別種也、臯落其氏族

〔疏〕 注赤狄〜氏族

正義に曰はく、狄に赤狄・白狄有り。成（公）十三年傳に「晉侯、呂相をして秦に絶たしめて云ふ、白狄、君と州を同じくす」と、則ち白狄と秦とは相近く、當に晉の西に在るべし。此に「東山」と云ふは、當に晉の東に在るべし。宣（公）十五年に「晉師、赤狄の潞氏を滅ぼす」と。潞は則ち上黨の潞縣にして、晉の東に在り。此に「東山の臯落氏を伐つ」と云へば、此も亦晉の東に在りて、是れ赤狄の別種なるを知るなり。臯落は其の氏族なり。此れ族の人にして、狄の渠帥なり。

① 成（公）十三年傳 成公十三年伝に「夏、四月戊午、晋侯使呂相絶秦、曰、……白狄及君同州、君之仇讎而我婚姻也」とある。

② 宣（公）十五年 宣公十五年経に「六月癸卯、晋滅赤狄潞氏、以潞子嬰兒歸」とあり、杜預注に「潞赤狄之別種」とある。

③ 潞 『春秋釈例』土地名第四十四之三の狄地の項に「潞赤狄潞氏、二名、在上党、又云、潞城県東有古城赤狄潞氏国也」とある。

〔傳〕 里克諫曰、大子奉冢祀、社稷之粢盛

〔注〕 里克晉大夫、冢大也

〔傳〕 以朝夕視君膳者也

〔注〕 膳廚膳

〔疏〕 注膳廚膳

正義に曰はく、鄭玄の「膳夫」の注に云ふ、「膳の言たる善なり。今時は美物を珍膳と曰ふ」と。是れ膳とは美食の名。厨とは食を造るの處。故に（杜預注に）「膳は厨膳」と云ふなり。〔禮記〕に云ふ、「文王の世子爲りしとき、食を上るには、必ず在らかに寒煖の節を見る。食下るには、膳所を問ふ。膳牢に命じ、然る後に退く」と。是れ太子、朝夕に君の膳を視る者なり。

① 『周礼』天官・膳夫の序官の鄭玄注に「膳之言善也、今時美物曰珍膳、膳夫食官之長也、鄭司農以詩説之曰、仲允膳夫」とある。

② 『禮記』 『礼記』文王世子に「文王之為世子、朝於王季日三、……食上、必在視寒煖之節、食下、問所膳、命膳宰曰、未有原、応曰、諾、然後退、武王帥而行之、不敢有加焉」とある。

〔注〕魚軒夫人車、以魚皮爲飾

〔疏〕注魚軒爲飾

正義に曰はく、『詩』に云ふ、「象の弭、魚の服」と。此に「魚軒」と云ふは、則ち魚を用ひて飾と爲す。其の皮以て器物を飾るべき者は唯魚獸のみ。故に（杜預注に）「魚皮を以て飾と爲す」と云ふ。陸機『毛詩義疏』に云ふ、「魚獸は猪に似て、東海に之有り。其の皮、背上に班文有り、腹下に純青有り。今の人以て弓韃・歩叉を爲る者なり。其の皮乾燥して弓韃・矢服を爲り、年を経ると雖も、海水將に潮せんとし、天の陰るに及べば、毛皆起つ。水潮還り、晴るるに及べば、則ち毛復故のごとし。數千里の外に在りと雖も、以て海水の潮するを知りて自ら相感ずべし」と。

① 『詩』 『毛詩』小雅・采芣に「四牡翼翼、象弭魚服」とあり、鄭玄箋に「弭弓反末驚者、以象骨爲之、以助御者解轡、宜滑也、服矢服也」とある。

② 陸機『毛詩義疏』 陸機『毛詩草木鳥獸蟲魚疏』 本疏引。

〔傳〕重錦三十兩

〔注〕重錦錦之熟細者、以二丈雙行、故曰兩、三十兩三十四匹也

〔疏〕注重錦一匹也

正義に曰はく、服虔云ふ、「重は牢なり」と。杜（預）、其の

夫人に遺るは美を貴びて牢を貴ばざるを以て、故に以爲へらく、「錦の熟細なる者」と。「雜記」に曰はく、「納幣に一束、束に五兩、兩に五尋」と。八尺を尋と曰へば、則ち五尋は四丈。之を兩と謂ふは、分けて兩段と爲すが故なり。之を匹と謂ふは、兩兩合はせ卷す。匹偶のごとく然るなり。

① 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

② 「雜記」 『礼記』雜記下に「納幣一束、束五兩、兩五尋」とあり、鄭玄注に「八尺曰尋、五兩・五尋、則每卷二丈也、合之則四十尺、今謂之匹、猶匹偶之云与」とある。

〔傳〕鄭人惡高克、使帥師次于河上、久而弗召、師潰而歸、高克奔陳

〔注〕高克鄭大夫也、好利而不顧其君、文公惡之而不能遠、故使帥師而不召

〔傳〕鄭人爲之賦清人

〔注〕清人詩鄭風也、刺文公退臣不以道、危國亡師之本

① 『毛詩』鄭風・清人の小序に「清人刺文公也、高克好利而不顧其君、文公惡而欲遠之、不能、使高克將兵、而禦狄于竟、陳其師旅、翱翔河上、久而不召、衆散而歸、高克奔陳、公子素惡高克進之不以礼、文公退之不以道、危國亡師之本、故作

言ふは、滅びて復興るにて、是れ位を嗣がず。故に喪を成して諡を爲す。文公、世を繼ぎて立ち、明年始めて元年と爲す。故に戴公、復する日少なしと雖も亦一年と稱す。⑤「年表」も亦此の年を以て戴公元年と爲す。今定本に云ふ、「其の年を以て卒す」と。

① 『周禮』秋官 『周礼』秋官・野廬氏に「掌達国道路、至于四畿、比国郊及野之道路・宿息・井樹」とある。

② 地官の遺人 『周礼』地官・遺人に「凡国野之道、十里有廬、廬有飲食、三十里有宿、宿有路室、路室有委、五十里有市、市有候館、候館有積」とある。

③ 『世本』 本疏引。

④ 「世家」 『史記』衛康叔世家に「卒滅惠公之後而更立黔牟之弟昭伯之子申為君、是為戴公、戴公申元年卒」とある。

⑤ 「年表」 『史記』十二諸侯年表に「衛戴公元年」とある。

〔傳〕 許穆夫人賦載馳

〔注〕 ① 載馳詩衛風也、許穆夫人痛衛之亡、思歸唁之不可、故作詩以言志

① 『毛詩』鄘風・載馳の小序に「載馳、許穆夫人作也、閔其宗國顛覆、自傷不能救也、衛懿公為狄人所滅、國人分散、露於漕邑、許穆夫人閔衛之亡、傷許之小力不能救、思歸唁其兄、又義不得、故賦是詩也」とある。

〔傳〕 齊侯使公子無虧帥車三百乘、甲士三千人、以成曹

〔注〕 無虧齊桓公子武孟也、車甲之賦異於常、故傳別見之

〔傳〕 歸公乘馬・祭服・五稱・牛羊豕雞狗皆三百與門材

〔注〕 歸遺也、四馬曰乘、衣單複具曰稱、門材使先立門戶

〔疏〕 注歸遺（門戶）

正義に曰はく、歸とは反らざるの稱なるが故に、遺と爲すなり。①『周禮』の校人に云ふ、「乘馬に一師四圍あり」と。圍は一馬を養ふが故に、（杜預注に）「四馬を乗と曰ふ」と云ふ。乗車には師五人を并はせ、必ず四馬を駕するを以ての故なり。②「喪大記」に曰はく、「袍は必ず表有り、禪ならず。衣は必ず裳有り。之を一稱と謂ふ」と。是れ衣の禪・複具はるを稱と曰ふ。

① 『周禮』 『周礼』夏官・校人に「凡頒良馬而養乘之、

乘馬一師四圍」とあり、鄭玄注に「鄭司農云、四匹為乘、養馬為圍、故春秋伝曰、馬有圍、牛有牧」とある。

② 「喪大記」 『礼記』喪大記に「袍必有表不禪、衣必有裳、謂之一稱」とある。

〔傳〕 歸夫人魚軒

〔傳〕夜與國人出、狄入衛、遂從之、又敗諸河

〔注〕衛將東走渡河、狄復逐而敗之

〔傳〕初惠公之即位也少

〔注〕蓋十五六

〔疏〕注蓋十五六

正義に曰はく、衛の宣公、隱の四年を以て立ち、桓の十二年に卒すれば、終始二十年のみ。即位の後に乃ち急子の妻を納れ、壽及び朔を生む。朔に既に兄有れば、其れ蓋し年十五・六なるを知るのみ。

① 隱公四年経に「冬、十有二月、衛人立晋」とあり、桓公十二年経に「丙戌、衛公晋卒」とある。

② 桓公十六年伝に「初衛宣公烝於夷姜生急子、属諸右公子、為之娶於齊而美、公取之、生寿及朔、屬於左公子」とある。

〔傳〕齊人使昭伯烝於宣姜、不可、強之

〔注〕昭伯惠公庶兄、宣公子頑也、昭伯不可

〔傳〕生齊子・戴公・文公・宋桓夫人・許穆夫人、文公爲衛之多患也、先適齊、及敗、宋桓公逆諸河

〔注〕迎衛敗衆

〔傳〕宵濟

〔注〕夜渡畏狄

〔傳〕衛之遺民、男女七百有三十人、益之以共・滕之民、爲五千人

〔注〕共及滕衛別邑

〔傳〕立戴公以廬于曹

〔注〕廬舍也、曹衛下邑、戴公名申、立其年卒、而立文公

〔疏〕注廬舍、文公

正義に曰はく、①『周禮』秋官の野廬氏に「道路・宿息を掌る」と。②地官の遺人に云ふ、「凡そ國野の道、十里に廬有り。廬に飲食有り」と。是れ廬を舎と爲すなり。「曹に廬す」とは、隨ひて宜しく舎に寄すべきを言ふのみ。曹邑は颯きて其の處を知らずと雖も、當に河東に在るべくして楚丘に近きなり。「戴公、名は申」とは、③『世本』④『世家』の文。「經」「傳」皆「十二月、狄衛に入る」と云へば、衛人東に徙りて河を渡り、離散を收集して乃ち戴公を立つ。此の年の末に文公位に即けば、計るに、戴公の君と爲るは十數日を過ぎざるのみ。「立ちて一年にして卒す」と

〔傳〕將戰、國人受甲者皆曰、使鶴、鶴實有祿位、余焉能戰、公與石祁子玦、與甯莊子矢、使守

〔注〕莊子甯速也、玦玉玦

〔傳〕曰、以此贊國、擇利而為之

〔注〕贊助也、玦示以當決斷、矢示以禦難

〔傳〕與夫人繡衣曰、聽於二子

〔注〕取其文意順序

① 殿本に「文意」を「文章」に作る。

〔傳〕渠孔御戎、子伯爲右、黃夷前驅、孔嬰齊殿

〔注〕傳言衛侯失民有素、雖臨事而戒、猶無所及

〔傳〕及狄人戰于熒澤、衛師敗績、遂滅衛

〔注〕此熒澤當在河北、君死國散、經不書滅者、狄不能赴、衛之君

臣皆盡、無復文告、齊桓爲之告諸侯、言狄已去、言衛之存、故但以入爲文

① 殿本に「以人為文」を「以入為文」に作る。本年經に「十有二月、狄入衛」とある。

〔疏〕注此熒澤當在河北

正義に曰はく、「禹貢」に「豫州の熒・波既に豬となる。沈水を導き、河に入る。溢れて熒と爲る」と。是れ熒は河南に在り。此の時、衛は河北に都す。狄の敗る所と爲り、乃ち東に徙りて河を渡る。故に此の熒澤は當に河北に在るべきを知る。但沈水、河に入りて乃ち洸れ、河南を被ふこと多し。故に専ら熒の名を得。其の北少なしと雖も、亦熒と稱するなり。

① 「禹貢」 『尚書』夏書・禹貢に「惟豫州、伊・洛・瀋

・澗既入于河、熒・波既豬、導荷沢、被孟豬」「惟雍州、：導允水、東流為濟、入于河、溢為滎」とある。

〔傳〕衛侯不去其旗、是以甚敗、狄人囚史華龍滑與禮孔、以逐衛人、二人曰、我大史也、實掌其祭、不先、國不可得也

〔注〕夷狄畏鬼、故恐言當先白神

〔傳〕乃先之、至則告守曰、不可待也

〔注〕守石・甯二大夫

〔注〕 筮者之辭也、乾爲君父、離變爲乾、故曰回復于父、見敬與父同

〔疏〕 注筮者、君同

正義に曰はく、此れ六五の爻變すと雖も、『周易』の文を取らず。筮する者、卦の意を推演して自ら其の辭を爲すなり。離は是れ乾の子にして、遷り變じて乾と爲るが故に、「同じく父に復る」と云ふ。其の尊きこと父と同じきを言ふなり。國人之を敬し、其の敬せらるること君の處所のごとし。其の貴きこと同じきを言ふなり。①「説卦」に「乾は君父爲り」と。其の身の尊きことを言へば則ち「同じく父に復る」と云ひ、其の人の敬する所と爲るを言へば則ち「敬せらるること君所のごとくならん」と云ふ。意を屬すること異なるが故に、分けて二と爲すなり。

① 「説卦」 『周易』説卦伝に「乾爲天、爲圓、爲君、爲父、爲玉、爲金、……」とある。

〔傳〕 及生、有文在其手、曰友、遂以命之

〔注〕 遂以爲名

〔傳〕 冬、十二月、狄人伐衛、衛懿公好鶴

〔疏〕 衛懿公好鶴

正義に曰はく、陸機『毛詩義疏』に云ふ、「鶴は形狀大にして鵝のごとし。長き脚、青き翼、高さ三尺餘。赤き目、赤き頬、喙の長さ四寸餘、多く純白にして、或ひは蒼色有り。蒼色は、今の人之を赤頬と謂ふ。常に夜半に鳴く。故に『淮南子』に曰はく、『雉は將に旦けんとするを知り、鶴は夜半を知る』と。其の鳴くこと高亮にして、聞こゆること八、九里。雌は聲差下し。今、吳人の園囿中、及び士大夫の家に皆之を養ふ」と。

① 陸機『毛詩義疏』 陸機『毛詩草木鳥獸蟲魚疏』 本疏引。

② 『淮南子』 『淮南子』説山訓に「鶏知將旦、鶴知夜半、而不免於鼎俎」とある。

〔傳〕 鶴有乘軒者

〔注〕 軒大夫車

〔疏〕 注軒大夫車

正義に曰はく、定(公)①十三年傳に稱す、「齊侯、諸大夫の軒を斂む」と。故に杜(預)、^{おき}「軒は大夫の車」と云ふなり。服虔云ふ、「車に藩有るを軒と曰ふ」と。

① 定(公)十三年傳 定公十三年傳に「齊侯皆斂諸大夫之軒、唯邴意茲乘軒」とある。

② 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

阜・庫・雉・応・路、魯有庫・雉・路、則諸侯三門与」とある。

『周礼』秋官・朝士に「掌建邦外朝之法、左九棘、孤卿大夫位焉、群士在其後、右九棘、公侯伯子男位焉、群吏在其後、面三槐、三公位焉、州長衆庶在其後、左嘉石、平罷民焉、右肺石、達窮民焉」とあり、鄭玄注に「玄謂、明堂位説魯公宮曰、庫門天子臯門、雉門天子応門、言魯用天子之礼、所名曰庫門者、如天子臯門、所名曰雉門者、如天子応門、此名制二兼四、則魯無臯門・応門矣、檀弓曰、魯莊公之喪、既葬而經、不入庫門、言其除喪而反由外来、是庫門在雉門外必矣、如是王五門、雉門為中門、雉門設兩觀、与今之宮門同、闕人幾出入者、窮民蓋不得入也、郊特牲、譏繹於庫門内、言遠当于廟門、廟在庫門之内見於此矣、小宗伯職曰、建国之神位、右社稷、左宗廟、然則外朝在庫門之外、臯門之内与、今司徒府有天子以下大会殿、亦古之外朝哉、周天子・諸侯皆有三朝、外朝一内朝二、内朝之在路門内者、或謂之燕門」とある。

⑧ 注⑦を参照。

『礼記』玉藻「朝服以日視朝於内朝」の鄭玄注に「天子・諸侯皆三朝」とある。

⑨ 注⑦参照。

〔傳〕季氏亡、則魯不昌

〔疏〕季氏亡則魯不昌

正義に曰はく、服虔云ふ、「季氏出奔し、魯二君を弑するを謂

ふ」と。案ずるに、「傳」に、子般既に死して乃ち「成季、陳に奔る」と云ひ、閔公既に死して乃ち「成季、邾に適く」と云ふ。皆、君死して乃ち出奔す。出奔に由りて乃ち君の死を致すには非ず。杜（預）に注無しと雖も、義は必ず然らず。當に季友の子孫、魯と升降すと謂ふべし。此より以後、季氏世上卿と爲りて春秋を終ふ。④『禮記』に稱す、「悼公の喪に季昭子問ふ、君の爲には何をか食ふ」と。以後則ち文無しと雖も、當に是れ魯と俱に滅ぶべきなり。

① 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

② 莊公三十二年伝に「冬、十月己未、共仲使圉人箠賊子般于党氏、成季奔陳、立閔公」とある。

③ 本年伝に見える。

④ 『禮記』 『礼記』檀弓下に「悼公之喪、季昭子問於孟敬子曰、為君何食、敬子曰、食粥天下之達礼也」とある。

〔傳〕又筮之、遇大有三三

〔注〕乾下離上大有

〔傳〕之乾三三

〔注〕乾下乾上乾、大有六五變而爲乾

〔傳〕曰、同復于父、敬如君所

〔注〕 卜楚丘魯掌卜大夫

〔傳〕 曰、男子也、其名曰友、在公之右

〔注〕 在右言用事

〔傳〕 門于兩社、爲公室輔

〔注〕 兩社周社・亳社、兩社之間、朝廷執政所在

〔疏〕 注兩社、所在

正義に曰はく、王者は五色の土を取り、封じて以て社と爲す。若し諸侯を封ずれば、方に隨ひて其の土を割き、之を包むに白茅を以てし、之を賜ひて國社を立たしむ。魯は是れ周の諸侯なるが故に、國社之を周社と謂ふ。哀(公)四年に「亳社災あり」と。是れ魯國に亳社有り。『穀梁傳』に曰はく、「亳社は亳の社なり。亳は亡國なり。亡國の社以て廟の屏戒と爲すなり」と。則ち亳社は宗廟の前に在るなり。『周禮』小宗伯に「國の神位を建つることを掌る。社稷を右にし、宗廟を左にす」と。則ち諸侯も亦當に然るべし。定(公)二年に「雉門と兩觀と災あり」と。則ち兩觀は雉門の外に在るなり。『禮運』に云ふ、「昔、仲尼、蜡賓に與る。事畢はる。出でて觀の上に遊ぶ」と。蜡祭は廟に在るが故に、廟を出でて觀に遊ぶなり。此れに由りて之を言へば、宗廟・社稷は雉門の外に在りて左右の廟に分かつなり。鄭玄、禮文を校考して以爲へらく、魯制の三門は庫・雉・路なり。天子・諸侯皆三朝

あり。宗人の嘉事を圖るときは則ち路寢の庭朝有り。日出でて朝に視るときは則ち路門の外に在り。其の國の危を詢り、國の遷を詢り、君を立てるを詢る。『周禮』の朝士は外朝の位を掌る所の者にして、乃ち雉門の外に在るのみ。雉門の外は、左に亳社有り、右に周社有りて兩社に間まる。是れ兩社の間に在るなり。朝廷は大事を詢謀れば、則ち此の處に在り。是れ執政の在る所なり。

① 『尚書』夏書・禹貢「厥貢惟土五色」の孔安國伝に「王者封五色土爲社、建諸侯、則割其方色土与之、使立社、蕪以黃土、苴以白茅、茅取其絮、黃取王者覆四方」とある。

② 哀(公)四年 哀公四年経に「六月辛丑、亳社災」とあり、杜預注に「無伝、天火也、亳社殷社、諸侯有之、所以戒亡国」とある。

③ 『穀梁傳』 哀公四年に「亳社者、亳之社也、亳亡国也、亡国之社以爲廟屏戒也、其屋亡国之社、不得達上也」とある。

④ 『周禮』小宗伯 殿本に「大宗伯」を「小宗伯」に作る。『周禮』春官・小宗伯に「小宗伯之職、掌建国之神位、右社稷、左宗廟」とある。

⑤ 定(公)二年 定公二年経に「夏、五月壬辰、雉門及兩觀災」とある。

⑥ 「禮運」 『礼記』礼運に「昔者仲尼与於蜡賓、事畢、出遊於觀之上、喟然而歎」とある。

⑦ 『礼記』明堂位「六廟天子之明堂、庫門天子之臯門、雉門天子之應門」の鄭玄注に「言廟及門如天子之制也、天子五門、

者謂之闈、小闈謂之閭」とある。

〔傳〕成季以僖公適邾

〔注〕僖公閔公庶兄、成風之子

〔傳〕共仲奔莒、乃入立之、以賂求共仲于莒、莒人歸之、及密、使公子魚諸

〔注〕密魯地、鄒邳費縣北有密如亭、公子魚奚斯也

〔傳〕不許、哭而往、共仲曰、奚斯之聲也、乃縊

〔注〕慶父之罪雖重、季子推親親之恩、欲同之叔牙、存孟氏之族、故略其罪不書殺、又不書卒

〔疏〕注慶父、書卒

正義に曰はく、叔牙、「慶父材あり」と云ふは、始め慶父に黨するの心有り。本其の惡未だ顯見せざるが故に、季子之を隠して其の「卒」^②を書す。自ら死するがごとく然り。慶父、二君を弑すれば、其の罪已に彰著なり。計るに、當に其の誅殺を書すべきも、季子、親親の恩を推し、之を叔牙に同じくして孟氏の族を存せんと欲するが故に、其の罪を略して「殺」を書せざるなり。又全く叔牙に同じくすべからざるが故に、又「卒」を書せず。慶父の子孫終に孟氏と爲る。是れ季子、親親の恩を推して正法を枉るのみ。

① 叔牙 莊公三十二年伝に「公疾、問後於叔牙、对曰、慶

父材、問於季友、对曰、臣以死奉般、公曰、郷者牙曰慶父材、成季使以君命傳叔待于鍼巫氏、使鍼季馘之、曰、飲此則有後於魯国、不然、死且無後、飲之、婦及遠泉而卒、立叔孫氏」とある。

② 「卒」 莊公三十二年経に「秋、七月癸巳、公子牙卒」とある。

〔傳〕閔公哀姜之娣叔姜之子也、故齊人立之、共仲通於哀姜、哀姜欲立之、閔公之死也、哀姜與知之、故孫于邾、齊人取而殺之于夷、以其尸歸

〔注〕爲僖元年齊人殺哀姜傳、夷魯地^②

① 僖公元年経に「秋、七月戊辰、夫人姜氏薨于夷、齊人以婦」とある。

② 殿本に「魯也」を「魯地」に作る。

〔傳〕僖公請而葬之

〔注〕哀姜之罪已重、而僖公請其喪還者、外欲固齊以居厚、内存母子不絶之義、爲國家之大計

〔傳〕成季之將生也、桓公使卜楚丘之父卜之

して「汭」の字は内を以て聲と爲す。明らかに是れ水の隈曲の内なるものなり。

① 『釋例』 『春秋釈例』土地名第四十四之三の水名の項に見える。

② 『春秋釈例』及び殿本に「洛陽」を「略陽」に作る。

③ 「釋丘」 『爾雅』积丘第十に「隄隈、厓内為隄、外為隈」とある。

④ 李巡 『爾雅李氏注』 本疏引。襄公三年伝の疏に「李巡曰、厓内近水為隄、外為隈」とある。

⑤ 孫炎 『爾雅孫氏注』 本疏引。襄公三年伝の疏に「孫炎曰、内曲裏也、外曲表也」とある。

〔傳〕舟之楫曰、無德而祿、殃也、殃將至矣、遂奔晉

〔注〕舟之楫號大夫

〔傳〕夏、吉禘于莊公、速也、初公傳奪卜齋田、公不祭

〔注〕卜齋魯大夫也、公即位年八歲、知愛其傳、而遂成其意以奪齋田、齋忿其傳、并及公、故慶父因之

〔疏〕注卜齋、因之

正義に曰はく、^①莊公三十二年の注に云ふ、「閔公、是に於いて年八歲」と。此に「位に即くは年八歲」と云ふは、閔公の年歲な

り。「傳」の文明らかならず。^②服虔、莊(公)三十二年の注に於いて云ふ、「閔公、是に於いて年九歲」と。此の注に於いて云ふ、「公、位に即く時年九歲」と。傳(公)二年の注に云ふ、「閔公、死する時年九歲」と。杜(預)、其の不可なるを知るが故に、^③莊公の末の注に於いて「年八歲」と言ひて以て之を異にす。嗣子の位は初喪に定まり、「位に即く」と言ふ者も亦初めて立つるの年を謂ふなり。

① 莊公三十二年の注 莊公三十二年伝に「立閔公」とあり、杜預注に「閔公莊公子、於是年八歲」とある。

② 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

③ 莊公の末の注 注①参照。

〔傳〕秋、八月辛丑、共仲使卜齋賊公子武闈

〔注〕宮中小門謂之闈

〔疏〕注宮中小門謂之闈

正義に曰はく、^①「釋宮」に云ふ、「宮中の門之を闈と謂ふ。其の小なる者之を闈と謂ふ。小闈之を闈と謂ふ」と。彼は小門の内^{みち}に就きて更に別ちて以て二名と爲す。大率宮中の門は皆小なるが故に、(杜預注に)「宮中の小門」と云ふなり。之に名づけて武と曰ふは、則ち其の義未だ聞かず。

① 「釋宮」 『爾雅』积宮第五に「宮中之門謂之闈、其小

諸侯に告ぐ。是れ其の本國告ぐるなり。宣（公）十年傳例に曰はく、「凡そ諸侯の大夫の違る、諸侯に告げて曰はく、某氏の守臣某、宗廟を守るを失ふ。敢へて告ぐ」と。是れ大夫私家の告辭なり。昭（公）二十六年「王子朝、楚に奔る」の「傳」に稱す、「諸侯に告ぐ」と。是れ奔る者自ら告ぐるなり。此れ鄭の文公心より高克を惡みて、之を遠ざげんことを得んと欲す。（高）克既に陳に奔りて、罪の告ぐべきこと無し。故に杜（預）以爲らく、高克自ら其の事を狀して以て魯に告ぐ、と。魯史以爲らく、（高）克若し師を將ゐて出奔すれば、師を棄つるの道爲り、と。「高克出奔す」と書せずして「鄭、其の師を棄つ」と書するは、案ずるに、『詩』の序に云ふ、「公子素、高克の之を進むるに禮を以てせず、文公の之を退くるに道を以てせざるを惡む。國を危ふくし、師を亡ふの本なり」と。是れ其の師を棄つるなり。『穀梁傳』に曰はく、「鄭、其の師を棄つ」とは、其の長を惡むなり。兼ねて其の衆を反さざれば、則ち是れ其の師を棄つるなり」と。

- ① 『詩』の序 『毛詩』鄭風・清人の小序に「清人刺文公也、高克好利而不顧其君、文公惡而欲遠之、不能、使高克將兵、而禦狄于竟、陳其師旅、翱翔河上、久而不召、衆散而帰、高克奔陳、公子素惡高克進之不以禮、文公退之不以道、危國亡師之本、故作是詩也」とある。
- ② 「傳」 僖公五年伝に「晋侯使以殺大子申生之故來告」とあり、杜預注に「釈經必須告乃書」とある。
- ③ 孔達 宣公十四年伝に「春、孔達縊而死、衛人以説于晋、而免、遂告于諸侯曰、寡君有不令之臣達、構我敝邑于大國、

既伏其罪矣、敢告」とある。

- ④ 宣（公）十年歸例 宣公十年伝に「凡諸侯之大夫違、告於諸侯曰、某氏之守臣某失守宗廟、敢告、所有玉帛之使者則告、不然則否」とある。

- ⑤ 昭（公）二十六年 昭公二十六年経に「尹氏・召伯・毛伯以王子朝奔楚」とあり、「伝」に「王子朝使告于諸侯曰、昔、武王克殷、成王靖四方、庚王息民、並建母弟、以蕃屏周、亦曰、……」とある。

- ⑥ 『詩』の序 注①参照。

- ⑦ 『穀梁傳』 『穀梁伝』閔公二年に「惡其長也、兼不反其衆、則是棄其師也」とあり、范甯集解に「長謂高克也」とある。

〔傳〕二年、春、虢公敗犬戎于渭汭

〔注〕犬戎西戎別在中國者、渭水出隴西、東入河、水之隈曲曰汭

〔疏〕注犬戎 曰汭

正義に曰はく、西方を戎と曰へば、犬戎は是れ西戎の別に中國に在る者なるを知るなり。『釋例』に曰はく、「渭水は隴西の狄道縣の鳥鼠同穴山より出で、東のかた南安、天水、略陽、扶風、始平、京兆を経て、弘農の華陰縣に至りて河に入る」と。『釋丘』に云ふ、「隈は隈なり。厓の内を隈と爲す。外を隈と爲す」と。④ 李巡曰はく、「厓内の水に近きを隈と爲す」と。孫炎云ふ、「内隈曲は裏なり」と。彼に汭を言はずと雖も、汭は即ち隈なり。而

侯ならん」と云ふ。往年、仲孫洵、齊侯に勸めて魯の難を寧せしむ。今にして高子の魯に適くは、齊侯、來りて魯の亂を平らげしむるを知るなり。當に齊侯初めて高子に命ずるの時、慶父未だ出でず、僖公未だ立たざるべし。其の魯に至るに及んで、僖公の新たに立つに値ふ。因りて遂に魯と盟を結びて之を立つ。「齊侯使——齊侯せしむ」と云はざるは、盟は齊侯の命に非ざるが故に、「使——せしむ」と稱せざるなり。齊侯、之をして盟はしめずして高子輒ち盟を爲すは、齊侯之をして來りて魯の亂を平らげしめ、新君既に立ち、遂に盟ひて之を安んずるも亦齊侯の意と稱するに足る。其の盟は専ら擅にするには非ざるなり。魯人自ら安んずること能はず、高子盟ひて以て之を安んず。魯人之を貴ぶが故に、其の名を書せず。「子」とは男子の美稱なるが故に、之を呼んで「高子」と曰ふ。『穀梁傳』に曰はく、「其の來りと曰ふは、之を喜ぶなり。その高子と曰ふは、之を貴ぶなり。盟ひて僖公を立つるなり」。然らば則ち盟ひて僖公を立つるは、必ず僖公共に盟ふ。「公、齊の高子と盟ふ」と言はざるは、桓（公）十四年に「鄭伯、其の弟語をして來りて盟はしむ」、文（公）十五年「宋の華孫來りて盟ふ」と、皆「公及——公、……と」と言はざれば、則ち「公」を書せざるは春秋の常なり。晉の荀庚・衛の孫良夫並びに來りて聘するが爲に既に聘禮を行ひ、更に公と盟ふ。是れ直ちに盟の爲に來るに非ざるが故に、聘するの後に別に「及」と言ふのみ。

① 莊（公）二十二年 莊公二十二年經に「七月丙申、及齊高侯盟于防」とある。

② 『穀梁傳』 閔公二年に「其曰來、嘉之也、

其曰高子、貴之也、盟立僖公也、不言使何也、不以齊侯使高子也」とある。

③ 桓（公）十四年 桓公十四年經に「夏、五、鄭伯使其弟語來盟」とある。

④ 文（公）十五年 文公十五年經に「三月、宋司馬華孫來盟」とある。

⑤ 成公三年經に「冬、十有一月、晉侯使荀庚來聘、衛侯使孫良夫來聘、丙午、及荀庚盟、丁未、及孫良夫盟」とある。

〔經〕 十有二月、狄入衛

〔注〕 書入、不能有其地、例在襄十三年

① 襄公十三年伝に「凡書取、言易也、用大師焉曰滅、弗地曰入」とあり、杜預注に「謂勝其國邑」とある。

〔經〕 鄭棄其師

〔注〕 高克見惡、久不得還、師潰而克奔陳、故克狀其事、以告魯也

〔疏〕 注高克、魯也

正義に曰はく、此の事は「詩」の序に具なり。大夫の出奔は、是れ本國來りて告ぐる事多し。「傳」に稱す、「晉侯、大子申生を殺すの故を以て來りて告げしむ」と。又、衛、孔達を殺して

享嘗乃止、去祖為壇、去壇為壇、壇・壇有禱焉祭之、無禱乃止、去壇為鬼」とある。

⑦ 莊公三十二年経に「八月癸亥、公薨于路寢」とある。

⑧ 『公羊傳』 『公羊伝』 閔公二年に「其言吉何、言吉者、未可以吉也、曷為未可以吉、未三年也、三年矣、曷為謂之未三年、三年之喪、実以二十五月、其言于莊公何、未可以称宮廟也、曷為未可以称宮廟、在三年之中矣、吉禘于莊公、何以書、譏、何譏爾、譏始不三年也」とある。

⑨ 僖（公）八年 僖公八年経に「秋、七月、禘于大廟、用致夫人」とあり、杜預注に「禘三年大祭之名、大廟周公廟、致者致新死之主於廟、而列之昭穆」とある。

⑩ 文（公）二年 文公二年経に「八月丁卯、大事于大廟、躋僖公」とあり、杜預注に「大事禘也、躋升也」とある。

⑪ 宣（公）八年 宣公八年経に「辛巳、有事于大廟」とある。

〔經〕 秋、八月辛丑、公薨

〔注〕 實弑書薨、又不地者、皆史策諱之

〔經〕 九月、夫人姜氏孫于邾

〔注〕 哀姜外淫、故孫稱姜氏

〔疏〕 注哀姜、姜氏

正義に曰はく、此れ莊（公）元年の「夫人、齊に孫る」を決とすれば、「姜氏」と稱せざるなり。賈・服の説に以爲へらく、「文姜、夫を殺して罪は重し。故に姜氏を去る。哀姜、子を殺して罪は輕し。故に姜氏を去らず」と。故に杜（預）、此の言を爲して以て之を異にす。「外淫す」と言ふは、外姓を以て淫を爲すを謂ふ。

① 莊（公）元年 莊公元年経に「三月、夫人孫于齊」とあり、「伝」に「三月、夫人孫于齊、不称姜氏、絶不為親、礼也」とある。

② 賈・服の説 賈逵『春秋左氏伝解詁』、服虔『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

〔經〕 公子慶父出奔莒

〔注〕 弑閔公故

〔經〕 冬、齊高子來盟

〔注〕 無傳、蓋高侯也、齊侯使來平魯亂、僖公新立、因遂結盟、故不稱使也、魯人貴之、故不書名、子男子之美稱

〔疏〕 注蓋高、美稱

正義に曰はく、莊（公）二十二年に「齊の高侯と防に盟ふ」と。爾より以來、「經」「傳」に見えず。故に（杜預注に）「蓋し高

喪終はりて吉祭するを知るなり。襄(公)十五年に晉の悼公卒し、十六年傳に「晉人、穆叔に荅へて云ふ、寡君の未だ禘祀せざるを以てなり」と稱すれば、三年の喪畢はりて乃ち禘を爲すを知るなり。喪畢はりて禘祭を爲すは、新死の主を廟に致すを知るなり。新主廟に入らば、則ち遠主は當に遷るべし。其の遷りて禘に入るを知るは、「祭法」に「天子は七廟。二祧有り」と云へば、則ち禘は是れ遠祖の廟なり。『周禮』守祧に「先王・先公の廟祧を守ること掌る。其の遺衣服は藏す」と。廟の遠主は、其の廟既に主を遷せば、處る所無し。固より當に遷して禘に入るべきなり。鄭玄、二祧を以て文王・武王の廟と爲す。主を遷して廟に入るは、當に各其の班に従ふべし。穆は文祧に入り、昭は武祧に入る。『禮』に、諸侯は五廟にして更に祧を別つこと無ければ、則ち當に太祖の廟を謂ひて禘と爲すべきなり。遠主初始めて禘に入れば、新死の主は又當に先君の主と相接すべきが故に、禮に是れに因りて大祭を爲す。審らかに昭穆を序するを以ての故に、之を禘と謂ふ。禘とは諦なり。昭穆の次をして審諦らかにして亂さざらしむるを言ふなり。莊公は其の三十二年八月を以て薨すれば、此の年の五月に至るまで唯十二月なるが故に、喪制未だ闕はらざるなり。『公羊傳』に曰はく、「其れ莊公に言ふは何ぞ。未だ以て宮廟を稱すべからざればなり。曷爲んぞ未ぞ以て宮廟を稱すべからざるや。三年の中に在ればなり」と。三年の中未だ禮を以て廟に遷すことを得ずして特に「莊公」と云ふは、莊公の爲に廟を立て、廟成りて吉祭するを知るなり。僖(公)八年に「大廟に禘す」、文(公)二年に「大廟に大事す」、宣(公)八年に「大廟に事有り」と。彼に「大事」「事有り」と言ふも亦禘祭なり。則ち禘は、

禮に必ず大廟に于てす。今、未だ以て吉祭すべからずして吉祭を爲し、又大廟に于てせざるが故に、詳らかに書して以て譏りを示すなり。既に「吉祭——吉祭す」と云ひ、又「于莊公——莊公に」と云ふは、是れ其の詳らかなるものなり。

① 僖(公)三十三年傳 僖公三十三年伝に「凡君薨、卒哭而耐、耐而作主、特祀於主、烝嘗禘於廟」とある。

② 襄(公)十五年 襄公十五年経に「冬、十有一月癸亥、晋侯周卒」とあり、「伝」に「冬、晋悼公卒、遂不克会」とある。

③ 十六年傳 襄公十六年経に「春、王正月、葬晋悼公」とあり、「伝」に「春、葬晋悼公、……冬、穆叔如晋聘、且言齐故、晋人曰、以寡君之未禘祀与民之未息、不然不敢忘」とある。杜預注に「禘祀三年喪畢之吉祭」とある。

④ 「祭法」 『礼記』祭法に「是故王立七廟・一壇・一墀、曰、考廟、曰、王考廟、曰、皇考廟、曰、顯考廟、曰、祖考廟、皆月祭之、遠廟為祧、有二祧、享嘗乃止、去祧為壇、去壇為墀、壇・墀有禘焉祭之、無禘乃止、去壇曰鬼」とある。

⑤ 「周禮」 『周礼』春官・守祧に「掌守先王・先公之廟祧、其遺衣服藏焉」とあり、鄭玄注に「廟謂大祖之廟及三昭三穆、遷主所藏曰祧、先公之遷主藏于后穆之廟、先王之遷主藏于文・武之廟」とある。又「守祧」の序官の鄭玄注に「遠廟曰祧、周爲文・武王廟、遷主藏焉」とある。

⑥ 「禮」 『礼記』祭法に「諸侯立五廟・一壇・一墀、曰、考廟、曰、王考廟、曰、皇考廟、皆月祭之、顯考廟、祖考廟

〔傳〕 合而能固、安而能殺、公侯之卦也

〔注〕 比合、屯固、坤安、震殺、故曰公侯之卦

〔疏〕 注比合之卦

正義に曰はく、震之を殺と爲すは、「傳」に明文無し。①「晉語」に云ふ、「震は車なり。車に威武有り」と。昭（公）二十五年傳に云ふ、「刑罪威獄を爲して、以て其の震曜殺戮に類る」と。是れ震を威武殺戮の意と爲すが故に、震を殺と爲すなり。

① 「晉語」 『国語』晉語四 頁九上段の注①参照。

② 昭（公）二十五年傳 昭公二十五年伝に「為刑罪威獄、使民畏忌、以類其震曜殺戮、為温慈恵和、以效天之生殖長育」とある。

〔傳〕 公侯之子孫、必復其始

〔注〕 畢萬公高之後、歸爲魏之子孫衆多張本

〔疏〕 必復其始

正義に曰はく、萬は是れ畢公の後にして、公侯の子孫なれば、必ず當に其の初始めに復るべし。此の人の子孫又將に公侯と爲らんとするを言ふなり。春秋の後に及んで三家、晉を分かちて、魏、諸侯と爲る。是れ其の筮の驗なり。

〔經〕 二年、春、王正月、齊人遷陽

〔注〕 無傳、陽國名、蓋齊人偪徙之

〔疏〕 注陽國之徙之

正義に曰はく、『世本』に陽國有ること無ければ、何姓なるかを知らず。杜（預）の『世族譜』「土地名」に闕ければ、在る所を知らず。②「宋人、宿を遷す」と文同じければ、陽は是れ國の名なるを知る。蓋し齊人偪りて之を遷す。

① 「土地名」 『春秋釈例』土地名第四十四之三の小国地の項に「二年、陽、闕」とある。

② 莊公十年経に「三月、宋人遷宿」とある。

〔經〕 夏、五月乙酉、吉禘于莊公

〔注〕 三年喪畢、致新死者之主於廟、廟之遠主當遷入祧、因是大祭以審昭穆、謂之禘、莊公喪制未闕、特別立廟、廟成而吉祭、又不於大廟、故詳書以示譏

〔疏〕 注三年之示譏

正義に曰はく、僖（公）三十三年傳に曰はく、「凡そ君薨すれば、卒哭して耐し、耐して主を作り、特に主を祀る。廟に烝嘗禘す」と。禘祀を吉祭と爲す。喪事を説きて禘と言へば、禘は是れ

〔傳〕震爲土

〔注〕震變爲坤

〔傳〕車從馬

〔注〕震爲車、坤爲馬

〔疏〕注震爲車坤爲馬

正義に曰はく、「晉語」に云ふ、「司空季子、公子重耳の筮を占ひて云ふ、震は車なり」と。坤の象に云ふ、「牝馬の貞に利あり」と。是れ坤を馬と爲すなり。下の「杜預」注の「震を足と爲す」「震を長男と爲す」「坤を母と爲す」「坤を衆と爲す」は、皆「説卦」の文なり。

① 「晉語」 『国語』晋語四に「司空季子曰、吉、是在周易、皆利建侯、不有晋国、以輔王室、安能建侯、我命筮曰尚

有晋国、筮吉我曰利建侯、得国之務也、吉孰大焉、震車也、坎水也、坤土也、屯厚也、予樂也、震雷也、車也、坎勞也、水也、主雷与車、而尚水与衆、車有震、武也、衆而順、文也、文武具、厚之至也、敬曰屯」とある。

② 坤の象 『周易』坤の卦に「坤、元亨利牝馬之貞」とある。象伝には見えない。

③ 「説卦」 『周易』説卦伝に「坤爲地、爲母、爲布、爲釜、爲齊、爲均、爲子母、爲大輿、爲文、爲衆、爲柄、其

於地也爲黑」「震爲雷、爲竜、爲玄黄、爲虋、爲大塗、爲長子、爲決躁、爲蒼筤竹、爲萑葦、其於馬也爲善鳴、爲馵足、爲作足、爲的顛、其於稼也爲反生、其究爲健、爲蕃鮮」とある。

〔傳〕足居之

〔注〕震爲足

〔傳〕兄長之

〔注〕震爲長男

〔傳〕母覆之

〔注〕坤爲母

〔傳〕衆歸之

〔注〕坤爲衆

〔傳〕六體不易

〔注〕初一爻變有此六義、不可易也

正義に曰はく、震下坎上を屯と爲す。^①「説卦」に云ふ、「震は動くなり」と。^②坎の象に云ふ、「坎は險なり」と。動きて險に遇ふは、屯難の象有り。坤下坎上を比と爲す。^③「説卦」に「坎を水と爲す」「坤を地と爲す」と。水は下を潤して地は之を受く。相親しむは、比の象なり。

① 「説卦」 『周易』説卦伝に「乾健也、坤順也、震動也、巽入也、坎陷也、離麗也、艮止也、兌説也」とある。

② 坎の象 『周易』習坎の卦の象伝に「象曰、習坎重險也」とある。

③ 「説卦」 『周易』説卦伝に「坤為地、為母、為布……」「坎為水、為溝瀆、為隱伏……」とある。

〔傳〕 辛廖占之、曰、吉

〔注〕 辛廖晉大夫

〔疏〕 注辛廖晉大夫

正義に曰はく、杜（預）、「辛廖は晉の大夫」と云へば、則ち畢萬の仕へんことを筮するを以て、晉國に在りて筮すとす。^①劉炫云ふ、「若し晉國に在りて筮せば、何ぞ（傳に）『晉に仕へんことを筮す』と云ふを得んや。又辛甲・辛有は並びに是れ周人なり。何故に辛廖獨り晉の大夫と爲すや」と。今然らざるを知るは、（本年）「傳」に、畢萬は是れ畢國の子孫なるを以て、今乃ち晉に仕へんことを筮すとし、「於晉」と言ひて以て畢に對するのみ。筮

する時他國に在るを謂ふには非ざるなり。^④昭（公）十五年傳に云ふ、「辛有の二子董、晉に之くに及びて、是に於いてか董史有る」と。（杜預）注に「辛有は周人。二子、晉に適きて大史と爲る」と云へば、則ち辛氏は周より出づと雖も、枝（族）は晉より流る。劉炫、服氏の説を用ひ、以て畢萬は周に在りて晉に仕へんことを筮すと爲し、又晉國に姓の辛なるもの有るを得ざらざるを以て杜（預）の過ちを規すは、其の義は非なり。

① 劉炫 『春秋規過』 本疏引。

② 辛甲 襄公四年伝に「昔辛甲之為大史也、命百官、官箴王闕」とあり、杜預注に「辛甲周武王大史」とある。

③ 辛有 僖公二十二年伝に「辛有適伊川、見被髮而祭於野者」とあり、杜預注に「辛有周大夫、伊川周地、伊水也」とある。

昭公十五年伝に「及辛有之二子董之晉、於是乎有董史」とあり、杜預注に「辛有周人也、其二子適晉為大史」とある。

④ 昭（公）十五年傳 注③参照。

⑤ （杜預）注 注③参照。

⑥ 服氏の説 服虔『春秋左氏伝解詁』 本疏引の「以為畢萬在周、筮仕於晉」の説

〔傳〕 屯固比入、吉孰大焉、其必蕃昌

〔注〕 屯險難、所以爲堅固、比親密、所以得入

身斷髮、示不可用、以避季歷、季歷果立、是為王季、而昌為文王、太伯之犇荆蛮、自号句吳、荆蛮義之、從而歸之千余家、立為吳太伯」とある。

〔傳〕 猶有令名、與其及也

〔注〕 言雖去猶有令名、勝於留而及禍

〔疏〕 猶有、及也

正義に曰はく、言ふところは、逃れて國を失ふと雖も猶善名有り、其の留まりて禍に及ぶに與れぞや。何れの者が勝れりと爲す。之に勤めて逃しむるなり。

〔傳〕 且諺曰、心苟無瑕、何恤乎無家、天若祚天子、其無晉乎

〔注〕 爲晉殺申生傳^①

① 僖公五年經に「春、晋侯殺其世子申生」とあり、「伝」に「晋侯使殺天子申生之故來告」とある。

〔傳〕 卜偃曰、畢萬之後必大

〔注〕 卜偃晉掌卜大夫

〔傳〕 萬盈數也、魏大名也

〔疏〕 萬盈、名也

正義に曰はく、筭法を以ふるに、一より萬に至るまで十毎に則ち名を改む。萬に至りて以後、一萬、十萬、百萬、千萬と稱し、萬萬にして始めて億と名づく。是れより以往、皆萬を以て極と爲す。是れ萬に至りて則ち數の滿つるなり。①『論語』に云ふ、「巍巍乎として、其れ成功有り」と。是れ巍を高大の名と爲す。

① 『論語』 泰伯に「子曰、大哉、堯之為君也、巍巍乎、唯天為大、……巍巍乎、其有成功也」とある。

〔傳〕 以是始賞、天啓之矣、天子曰兆民、諸侯曰萬民、今名之大、

以從盈數、其必有衆

〔注〕 以魏從萬、有衆象

〔傳〕 初畢萬筮仕於晉、遇屯[䷂]

〔注〕 震下坎上屯

〔傳〕 之比[䷗]

〔注〕 坤下坎上比、屯初九變而爲比

〔疏〕 遇屯之比

① 莊公十六年伝に「王使虢公命曲沃伯、以一軍為晋侯」とあり、杜預注に「曲沃武公遂并晋国、僖王因就命為晋侯、小国故一軍」とある。

〔傳〕 公將上軍、太子申生將下軍、趙夙御戎、畢萬為右

〔注〕 為公御右也、夙趙衰兄、畢萬魏驪祖父

〔疏〕 注為公、祖父

正義に曰はく、『史記』趙世家に「夙、共孟を生む。孟、趙衰を生む」と。②「晉語」に云ふ、「趙衰は先君の戎御の趙夙の弟なり」と。杜（預）、夙を以て衰の兄と為すは、「晉語」に従ふなり。③「魏世家」に「畢萬、武子を生む」と。④『世本』に「畢萬、芒季を生む。季、武仲州を生む」と。杜（預）、萬を以て驪の祖父と為すは、『世本』に依るなり。

① 『史記』趙世家 『史記』趙世家に「夙生共孟、当魯閔公之元年也、共孟生趙衰、字子余」とある。

② 「晉語」 『国語』晋語四に「趙衰其先君之戎御、趙夙之弟也、而文以忠貞」とある。

③ 「魏世家」 『史記』魏世家に「畢万封十一年、晋献公卒、四子争更立、晋乱、而畢万之世弥大、從其国名為魏氏、生武子」とある。

④ 『世本』 本疏引。

〔傳〕 以滅耿、滅霍、滅魏

〔注〕 平陽皮氏縣東南有耿郷、永安縣東北有霍大山、三國皆姬姓

〔傳〕 還為太子城曲沃、賜趙夙耿、賜畢萬魏、以為大夫、士蔿曰、太子不得立矣、分之都城而位以卿、先為之極、又焉得立

〔注〕 位以卿、謂將下軍

〔傳〕 不如逃之、無使罪至、為吳大伯、不亦可矣

〔注〕 大伯周大王之適子、知其父欲立季歷、故讓位而適吳

〔疏〕 注大伯、適吳

正義に曰はく、『史記』吳世家に云ふ、「吳の大伯・弟の仲雍は、皆周の大王の子にして、王季歷の兄なり。季歷は賢にして、聖子昌有り。大王、季歷を立てて以て昌に及ぼさんと欲す。是に於いて大伯・仲雍の二人、乃ち荆蠻に犇り、以て季歷を避く。季歷果たして立つ。是れ王季と為す」と。是れ大伯、位を讓りて吳に適くの事なり。

① 『史記』吳世家 『史記』吳太伯世家に「吳太伯・太伯弟仲雍、皆周太王之子、而王季歷之兄也、季歷賢、而有聖子昌、太王欲立季歷以及昌、於是太伯・仲雍二人乃犇荆蛮、文

〔注〕 閔公初立、國家多難、以季子忠賢、故請霸主而復之

〔傳〕 齊侯許之、使召諸陳、公次于郎、以待之

〔注〕 非師旅之事、故不書次

〔傳〕 季子來歸、嘉之也、冬、齊仲孫湫來省難

〔注〕 湫仲孫名

〔傳〕 書曰仲孫、亦嘉之也、仲孫歸曰、不去慶父、魯難未已

〔注〕 時慶父亦還魯

〔傳〕 公曰、若之何而去之、對曰、難不已、將自斃

〔注〕 斃踏也

〔傳〕 君其待之、公曰、魯可取乎、對曰、不可、猶秉周禮、周禮所

以本也、臣聞之、國將亡、本必先顛、而後枝葉從之、魯不棄周禮、未可動也、君其務寧魯難而親之、親有禮、因重固

〔注〕 能重能固、則當就成之

〔疏〕 注能重、成之

正義に曰はく、服虔云ふ、「重きことは動くべからず。其の動くべからざるに因りて之を堅固にす」と。杜（預）は、此の「傳」

の四句相類するを以て、「攜貳を問にす」とは、攜貳は皆之を問にし、「昏亂を覆る」とは、昏亂は皆之を敗るにて、此れ重固は皆之に因ると知れば、則ち重に因りて之を固くするには非ず。

① 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

② 四句 「親有礼」「因重固」「問攜貳」「覆昏乱」の四句のこと。

〔傳〕 問攜貳

〔注〕 離而相疑者、則當因而問之

〔傳〕 覆昏亂

〔注〕 覆亂也

〔傳〕 霸王之器也

〔注〕 霸王所用、故以器爲喻

〔傳〕 晉侯作二軍

〔注〕 晉本一軍、見莊十六年

狗の聲」と。「釋獸」に又云ふ、「狼は牡、獾は牝狼」と。舎人曰はく、「牡の名は獾、牝の名は狼」と。陸機の『毛詩義疏』に云ふ、「狼の鳴くこと能く小、能く大なり。善く小兒の暗聲を爲して以て人を誘ふ。去ること數十歩。其の猛健なる者、善く兵を用ふる者と雖も、免るること能はざるなり」と。二者皆貪賤の獸なるが故に、戎狄に比ぶるなり。

〔疏〕注敬仲管夷吾

正義に曰はく、敬は諡なり。「諡法」に「夙夜に事を勤むるを敬と曰ふ」と。仲は字、管は氏、夷吾は名なり。

〔疏〕注諸夏〜近也

正義に曰はく、此に「諸夏」と云ひ、襄（公）四年傳に「魏絳云ふ、諸華必ず叛かん」と。皆中國を謂ふなり。中國にして之を華・夏と謂ふは、夏は大なり。禮儀の大有り、文章の華有るを言ふなり。「暉は近なり」とは、「釋詁」の文。舎人曰はく、「暉は威の近なり」と。中國の諸侯、情親にして略近きを言ふ。

① 『詩』 『毛詩』小雅・出車に「豈不懷帰、畏此簡書」とある。

② 『傳』 宣公十二年伝に「箴之曰、民生在勤、勤則不置、不可謂驕」とある。

③ 『釋獸』 『爾雅』釈獸に「豺狗足」とあり、郭璞注に「脚似狗」とある。

④ 郭璞 注③参照。

⑤ 『說文』 『說文解字』彘部に「豺、狼属、狗声、从豸

才声」とある。

⑥ 『釋獸』 『爾雅』釈獸に「狼牡、獾牝狼、其子獾、絶有力迅」とある。

⑦ 舎人 郭舎人『爾雅健為文学注』 本疏引。

⑧ 陸機の『毛詩義疏』 陸機『毛詩草木鳥獸蟲魚疏』 本疏引。

⑨ 「諡法」 『逸周書』諡法解第五十四に「夙夜警戒曰敬、

夙夜恭事曰敬、象方益平曰敬、合善法典曰敬」とある。

⑩ 襄（公）四年傳 襄公四年伝に「魏絳曰、……諸華必叛、戎禽獸也、獲戎失華、無乃不可乎」とある。

⑪ 「釋詁」 『爾雅』釈詁下に「邇・幾・暉、近也」とあり、郭璞注に「暉、親近也」とある。

⑫ 舎人 郭舎人『爾雅健為文学注』 本疏引。

〔傳〕簡書同惡相恤之謂也

〔注〕同恤所惡

〔傳〕請救邢以從簡書、齊人救邢、夏、六月、葬莊公、亂故、是以緩

〔注〕十一月乃葬

〔傳〕秋、八月、公及齊侯盟于落姑、請復季友也

⑤ 孫伯 子玉の子の成大心。

僖公二十八年伝に「子西・孫伯曰、得臣將死、二臣止之曰、君其將以為戮」とあり、杜預注に「孫伯即大心、子玉子也」とある。文公十一年伝に「春、楚子伐麇、成大心敗麇師於防渚」とあり、杜預注に「成大心子玉之子大孫伯也」とある。

〔傳〕 元年、春、不書即位、亂故也

〔注〕 國亂不得成禮

〔傳〕 狄人伐邢

〔注〕 狄伐邢、在往年冬^①

① 莊公三十二年経に「狄伐邢」とある。

〔傳〕 管敬仲言於齊侯曰、戎狄豺狼、不可厭也

〔注〕 敬仲管夷吾

〔傳〕 諸夏親暱、不可弃也

〔注〕 諸夏中國也、暱近也

〔傳〕 宴安酖毒、不可懷也

〔注〕 以宴安比之酖毒

〔傳〕 詩云、豈不懷歸、畏此簡書

〔注〕 詩小雅、美文王爲西伯、勞來諸侯之詩

〔疏〕 戎狄ノ簡書

正義に曰はく、戎狄の心は豺狼がごときの獸なれば、厭足すべからざるなり。其の當に戎狄を伐つべきを言ふなり。諸夏の國は皆親近なれば、遺棄すべからざるなり。其の當に刑を救ふべきを言ふなり。宴安自逸するは酖毒がごときの藥なれば、懷ひ戀ふべからざるなり。其の當に自ら勞すべきを言ふなり。①『詩』は小雅の出車の篇なり。文王の諸侯を勞來し、賢臣をして出使せしむるを美す。此れ臣は外に在りて歸ることを思へども、王事を以て自ら勉む。我豈歸ることを思はんや、誠に歸ることを思ふを言ふなり。但、此の簡書來りて急を告ぐるを畏るのみ。諸侯に事有れば、則ち之を簡に書し、使をして簡を執りて以て命を告げしむ。告ぐれば則ち須らく救ふべし。故に畏れて歸らざるなり。「此の簡書」とは、同じく惡む所有れば則ち相憂ふるの謂なり。刑を救ひて以て簡書に従はんことを請ふ。②『傳』に稱す、「勤むれば則ち置しからず、安ければ則ち名を敗す」と。齊侯、心の宴安を縦ままにして征伐を欲せず。安ければ則ち自ら其の身を損ふ。故に酖毒を言ひて以て之を勸む。③『釋獸』に云ふ、「豺は狗の足」と。④郭璞云ふ、「腳は狗に似たり」と。⑤『說文』に云ふ、「豺は狼の屬、

(三)

〔經〕 元年、春、王正月

齊人救邢

夏、六月辛酉、葬我君莊公

秋、八月、公及齊侯盟于落姑

〔注〕 落姑齊地

〔經〕 季子來歸

〔注〕 季子公子友之字、季子忠於社稷、爲國人所思、故賢而字之、

齊侯許納、故曰歸

〔疏〕 元年注季子、曰歸

正義に曰はく、季は是れ（公子）友の字なり。子は男子の美稱

國人、賢なりとして之を思ひ、其の魯に還るを得、喜びて呼んで

「季子來歸す」と曰ふ。史、其の言に因りて之を書す。（本年）

「傳」に「季友を復さんことを請ふ。齊侯、之を許す」と稱すれ

ば、是れ齊の力を得、齊侯納るるを許す。故に「歸」と曰ふなり。

〔經〕 冬、齊仲孫來

〔注〕 仲孫齊大夫、以事出疆、因來省難、非齊侯命、故不稱使也、

還使齊侯務寧魯難、故嘉而字之、來者事實、省難其志也、故

經但書仲孫之來、而傳尋仲孫之志

〔疏〕 注仲孫之志

正義に曰はく、「傳」に「仲孫湫」と稱すれば、則ち名は湫にして字は仲孫なり。杜（預）、「事を以て疆を出づ」と言ふは、

或ひは他國に向はしめ、因りて來りて魯の難を省みるにて、齊侯之に命じて來らしむるには非ず。來りて君命を稱せざるが故に、

「齊侯使——齊侯使せしむ」と言はざるなり。諸侯の卿は例として當に名を書すべし。此の魯國に還りて齊侯をして務めて魯の難を

寧せしめ、明年に即ち高子來りて盟ふこと有れば、是れ齊侯其の言を用ひ、魯人其の事を知り、其の名を書せずして嘉して之に字

いふ。杜（預）、「字を稱して之を嘉す」と云へば、則ち仲孫は是れ字なり。猶楚の孫伯或ひは亦孫を以て字と爲すがごときなり

「來る」とは、身ら來りて魯に至る。是れ事實なり。「難を省みる」とは、心自づから之を省みる。是れ其の志なり。志は難を省

みるに在りと雖も、魯人に、「己其の難を省みると云ふを告げず。故に「經」に、實事に據りて但仲孫の來るを書し、「傳」に、仲孫の志を尋ねて其の來りて難を省みるを言ふなり。

① 「傳」 僖公十三年伝に「齊侯仲孫湫聘于周」とある。

② 『春秋釈例』氏族例第八に「春秋之義諸侯之卿当以名氏、

備書于經」とある。

③ 明年 閔公二年經に「冬、齊高子來盟」とある。

④ 杜（預） 隱公二年經「紀子帛・莒子盟于密」の杜預注

に「子帛裂繻字也、……比之内大夫、而在莒子之上、称字以嘉之也、字例在閔元年」とある。

春秋正義訳註 (十五)

(国語) 研本 紘二

The Japanese Translation and Annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義) Part 15

Hiroji MASUMOTO

This paper is Part 15 of the Japanese translation and annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義).
Part 15 contains the 1st and 2nd year of duke Min (閔公).

(一)

閔公

〔疏〕正義に曰はく、^①「魯世家」に「閔公、名は開、莊公の子。惠王十六年、位に即く」と。杜(預)の『世族譜』に云ふ、「名は啓方」と。漢の景帝、諱は啓なり。啓・開是れに因りて亂る。杜(預)の『譜』に「啓方」と云ふは、^②『世本』の文に従る。^③「諡法」に「國に在りて難に逢ふを閔と曰ふ」と。是の歳、^④歳(星)は大梁に在り。

① 「魯世家」 『史記』魯周公世家に「慶父竟立莊公子開、是為潛公」とあり、司馬貞索隱に「系本名啓、今此作開、避漢景帝諱耳、春秋作閔公也」とある。

② 「十二諸侯年表」惠王十六年に「魯潛公開元年」とある。
③ 『世族譜』 『春秋釈例』世族譜第四十五之上に「閔公、啓方、即位二年」とある。

④ 『世本』 注①の司馬貞索隱所引『系本』参照。

④ 「諡法」 『逸周書』諡法解第五十四に「在國逢難曰愍、使民折傷曰愍、在國連憂曰愍、禍乱方作曰愍」とある。

編 集 委 員

田	邊	達	雄
堀		武	夫
京	免		進
加	藤	裕	一
竹	村	和	夫
西	村	光	正

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第24巻 第2号 (1989)

(通 巻 第43号)

平成元年2月 印刷

平成元年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(代)

印刷所 たくみ印刷株式会社

〒733 広島市西区井口明神

2丁目1-21

電話 (082) 278-2111

MEMOIRS OF THE KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 24, No.2 (Consecutive No.43)
February, 1st Year of Heisei (1989)

CONTENTS

- | | | |
|--|---|----|
| 1 . Effect of TiN-coated Film on Seizure in Four Ball Test..... | Hiromasa NADANO
Masaki KOHNO
Teocasimiro O. PRADO | 1 |
| 2 . Temperature Characteristics of Luminous Flux of Compact Fluorescent
Lamps..... | Kazuhiko HARADA
Tsutomu YAMAZAKI | 11 |
| 3 . Measurement of the Population Density of Argon Metastable Atom in the
Hollow Cathode..... | Tsutomu YAMAZAKI | 15 |
| 4 . A Method for Estimating MSPS Ratings for Instruction-mix on Computer
Systems..... | Nobuya SUZUMURA | 25 |
| 5 . The Study on the Panel Reinforcing for the Reinforced Concrete Shear
Wall..... | Yasuhiro FUKUHARA | 35 |
| 6 . The Japanese Translation and Annotation of <i>Chung-qiū Zheng-yi</i> (春秋正義)
Part 15..... | Hiroji MASUMOTO | 46 |