

呉工業高等専門学校

研究報告

第71号

平成21年8月(2009)

目次

1. 簡易モータコントローラの開発	野原 稔	1
2. 60GHz 帯 NRD ガイドガン発振器の周波数領域解析	大上 晃一, 黒木 太司	7
3. 任意形状から成るエバネッセント結合回路のインバータパラメータ表示	表 祐介, 黒木 太司	11
4. 大気圧水素混合ヘリウムグロー放電の気体温度と電子密度の測定	山崎 勉	15
5. 不同沈下による損傷を有する低強度鉄筋コンクリート造の耐震性能	寺岡 勝, 仁保 裕	21
6. 自己歪応力による既存鋼構造物の損傷調査とその損傷が鋼構造物の耐震性能に及ぼす影響の評価	寺岡 勝, 仁保 裕, 福原 安洋, 川手 康大	27
7. 建物と地盤の相互作用効果の実務設計への組み込みについて	泉 洋輔	41
8. 医療現場で利用できる方言データベースの開発	岩城 裕之	57
9. 英語多読授業の実践—2年目を終えて	竹山 友子, 江口 誠, 西原 貴之, 栗原 武士, 川尻 武信	67
平成20年本校教職員による研究業績一覧		77

簡易モータコントローラの開発

(機械工学系分野) 野原 稔

Development of Simple Motor Controller

(Faculty of Mechanical Engineering) Minoru NOHARA

Abstract

The motor controller marketed has good convenience at various functions. Now, semiconductor IC is incorporated in apparatus as a microcomputer. As a computer, this IC is carrying out the internal organs of all the required functions, and is called PIC. Since PIC is cheap and it is easy to use it, it is used for home electronics, a car, industrial apparatus, communication apparatus, etc.

In this paper, since the author developed the cheap motor controller which used PIC, he reports the manufacture process and a situation of operation.

Key Words : Micro Computer, Operation Control, Simulation, Automatic Machine

マイクロコンピュータ, 制御, シミュレーション, 自動機械

§1 緒言

市販されているモータコントローラは多機能で利便性が良い反面、価格が高く、簡単に購入しにくい欠点がある。現在、組込み用のマイクロコンピュータ(以降、マイコンと呼ぶ)として機器に多く組込まれている半導体ICがある。このICはコンピュータとして必要な機能を全て内蔵しており、PICと呼ばれている^{1,2)}。PICは安価で使用しやすいため、家電製品、自動車、産業機器や通信機器に至るまでさまざまな分野で使用されている。

本研究において、著者は、PICを使用した性能を限定した安価なモータコントローラを開発した。その結果について報告する。

§2 ハードウェア

本システムにおいて、マイコンによる制御は、PIC16F84Aと入出力制御用ボードを組み合わせて行った。設計したシステムの全体図を図1に示す。以降、この装置の概要について述べる。

2.1 マイコン

マイコンは、ステッピングモータの駆動と停止、ステッピングモータのスタートの原点と移動量の確認、クロック(以降、CKと呼ぶ)の発生のために使用した。また、装置を動作させる言語はC言語を使用した。

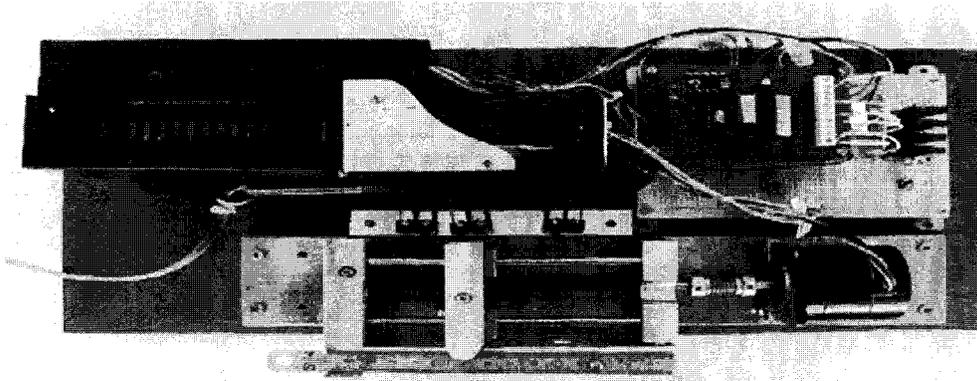


Fig.1 General view of system

2.2 配線

図3は、ステッピングモータ、PIC、リミットス

イッチ、リレー等を結線したシステムの全体の配線図を示す。図3に示すクロック発生ボードの詳細を

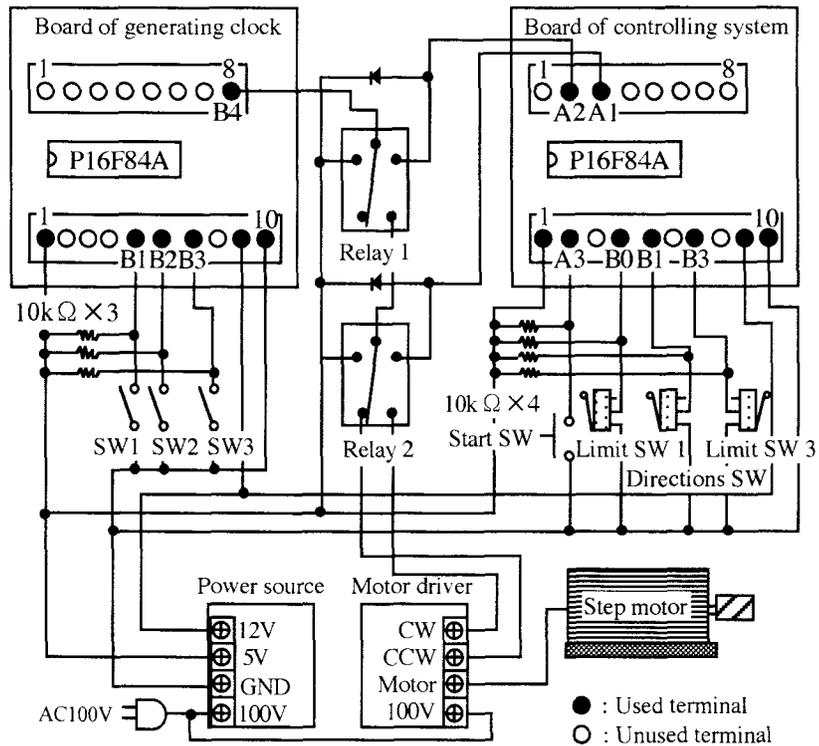


Fig.3 Whole wiring diagram for controlling system

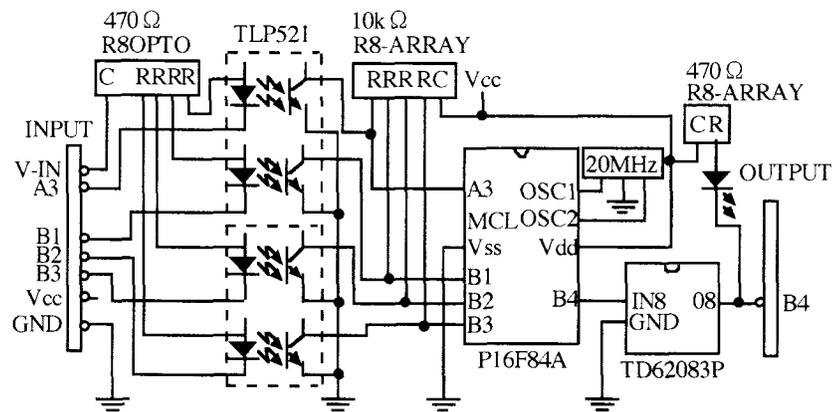


Fig.4 Wiring diagram for generating clock

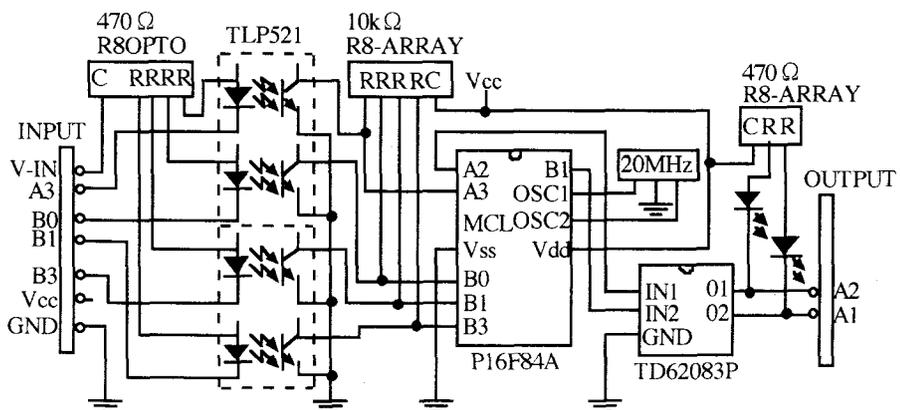


Fig.5 Wiring diagram for controlling system

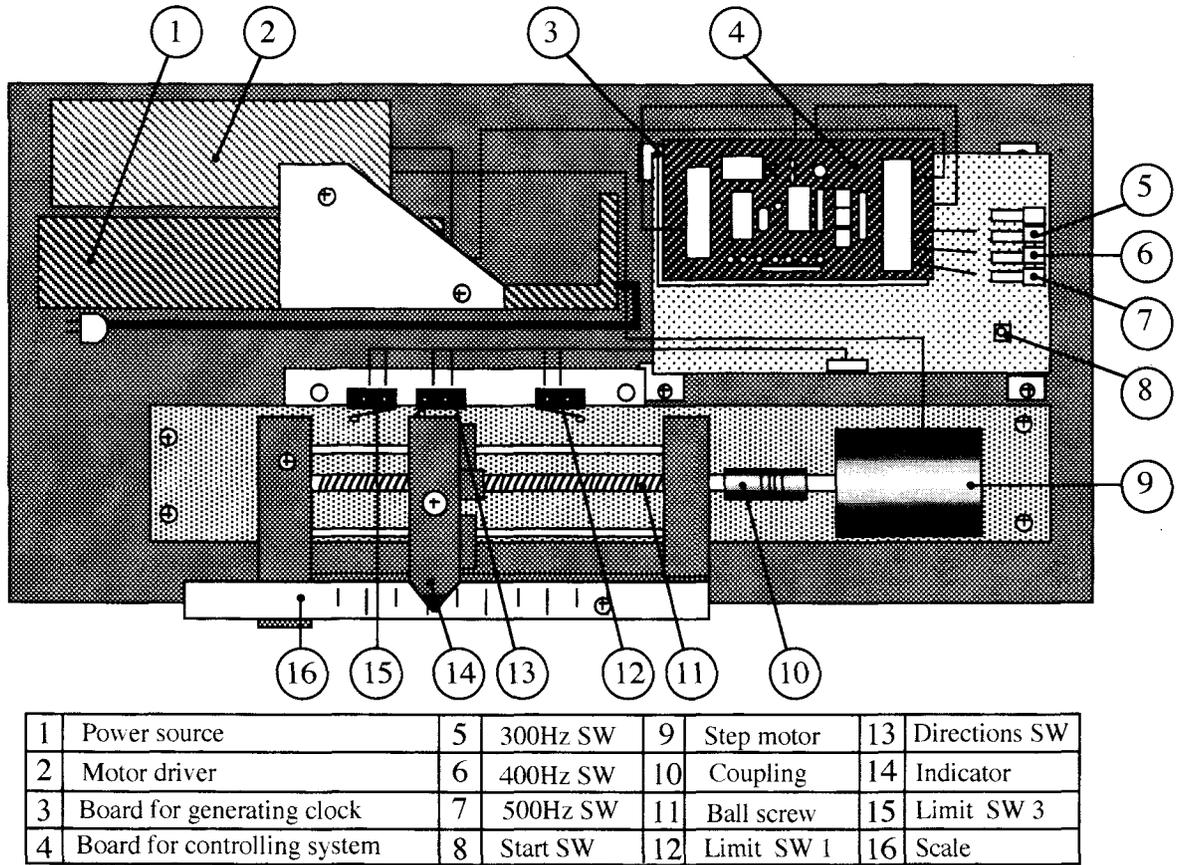


Fig.6 Appearance of system

図4に、システムコントロールボードの詳細を図5に示す。直列処理のため、CK発生用のPICとシステムをコントロールするためのPICの2個のPICを使用した。PIC16F84Aは使用可能なポートが13用意されており、これらのポートはプログラムの設定により入力、出力のどちらにも設定可能である。このシステムをコントロールするには、9ポートを使用しており、残り4ポートを入出力ポートに使用できる。ここではこれらのポートのI/O設定を行っていない。入力はいずれもフォトカプラを介して行い、ノイズによる影響がICにおよばないように配慮した。

図6はシステムの外観図を示している。

2.3 CKの発生

コントローラは、ステッピングモータを駆動させる場合、低速運転、低速から高速までの立上げ運転および高速運転のパターンにおいて周波数を与えることで、ステッピングモータの回転速度を決めている。簡易コントローラにおいてもコントローラと同様に、ステッピングモータを動作させる場合、CKが必要となる。CKの発生にはCK発生用のタイマーICを使用する方式やプログラムによりタイマールー

チンを組みCKを発生させる方式がある。本研究におけるCKの発生は、プログラムによりタイマールーチンを作成する方式とした。タイマールーチンプログラムをPICに焼き、これをCK発生回路にセットしてCKを発生させ、得られたCKをカウンターを使用して調べた。想定したCKが得られるまでこの

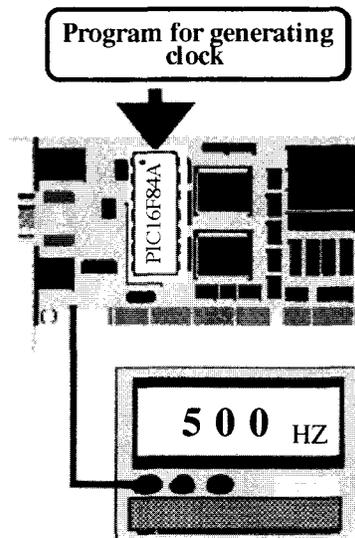


Fig.7 Measurement state

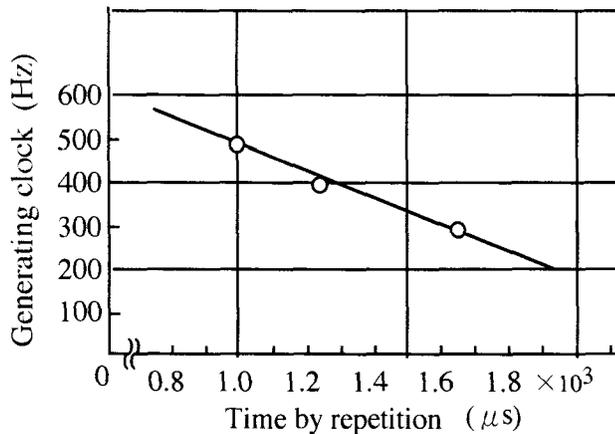


Fig.8 Relationship between repetition time and generating clock

動作を繰返した。図7はこの測定状態を、図8は、繰返し回数による時間とCKの関係を示している。発生させるCKは、使用するステッピングモータによりそのCKが異なるため、ここでは300Hz、400Hzと500Hzの三種類のCKを使用することにした。そして、300Hzを低速度、400Hzを中速度、500Hzを高速度に対応させている。

2.4 コントローラの動作

”ステッピングモータがハード原点を確認して、指定した位置で停止する”ことを目標に簡易コントローラを設計した。まず、ステッピングモータの動作速度を決めるため、CKの発生SW⑤、⑥、⑦のどれかのSWを選ぶ。この後、スタートSW⑧を押すとハード原点を確認するため、ステッピングモータは反時計方向(CCW)にLimit SW1をONにするまで回転する。このLimit SW1は、ハード原点確認の機能を持たせているため、Limit SW1がONになるとリレーの切替により、ステッピングモータは時計方向(CW)に回転して、設定した指示値に向かって進行し、指示SW⑬がONになると停止する。

§3. ソフトウェア

3.1 システムの動作言語とPICライター

システムを動作させる言語はCCS社(Custom Computer Service, Inc.)のC言語を使用した³⁾。作成したプログラムは、秋月電子通商製のPICライターを使用してPICに書き込み、それをボードに搭載した。

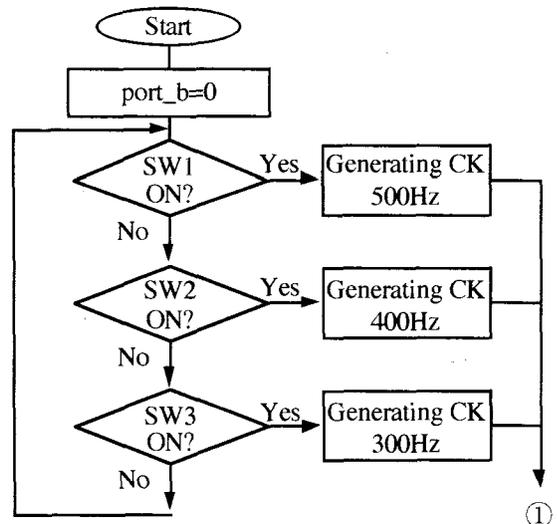


Fig.9 Diagram of flow chart for generating clock

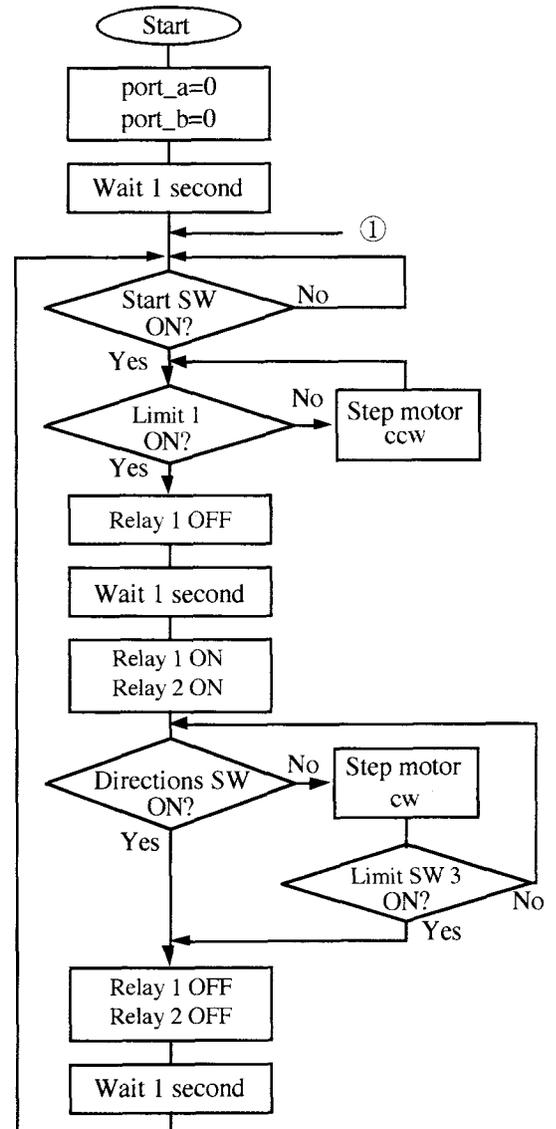


Fig.10 Diagram of flow chart for system control

Table.2 Program for generating clock

```

// Program for generating clock
#include <16F84A.h> //Read in file<16F84A.h> specify device
#fuses HS, NOWDT, NOPROTECT //Set fuses option
#use delay(clock=10000000) //CK=10MHz
#byte port_a=5 //File address 5 express port_a
#byte port_b=6 //File address 6 express port_b

void main(void){
    set_tris_a(0x00); //Port_a=All output
    set_tris_b(0x0e); //Port_b1~3=input
    port_b=0; //Output 0 at the port_b

    while(1){ //Loop
        while(input(PIN_B1)==0){ //CK:500Hz Loop while SW1 ON
            port_b=0x10; //Output 0x10 at the port_b B4=1
            delay_us(994); //Wait 994 microsecond
            port_b=0; //Output 0 at the port_b B4=0
            delay_us(994); //Wait 994 microsecond
        }
        while(input(PIN_B2)==0){ //CK:400Hz Loop while SW2 ON
            port_b=0x10; //Output 0x10 at the port_b B4=1
            delay_us(1243); //Wait 1243 microsecond
            port_b=0; //Output 0 at the port_b B4=0
            delay_us(1243); //Wait 1243 microsecond
        }
        while(input(PIN_B3)==0){ //CK:300Hz Loop while SW3 ON
            port_b=0x10; //Output 0x10 at the port_b B4=1
            delay_us(1656); //Wait 1656 microsecond
            port_b=0; //Output 0 at the port_b B4=0
            delay_us(1656); //Wait 1656 microsecond
        }
        port_b=0; //Output 0 at the port_b
    }
}

```

Table.3 Program for controlling system

```

// Program for controlling system
#include <16F84A.h> //Read in file<16F84A.h> specify device
#fuses HS, NOWDT, NOPROTECT //Set fuses option
#use delay(clock=10000000) //CK=10MHz
#byte port_a=5 //File address 5 express port_a
#byte port_b=6 //File address 6 express port_b

void main(void){

```

```

set_tris_a(0x08);
set_tris_b(0x0f);
port_a=0;
port_b=0;
delay_ms(1000);

while(1){
  while(1){
    if(input(PIN_A3)==0)
      break;
  }

  while(input(PIN_B1)!=0){
    port_a=0x04;
  }

  port_a=0;
  delay_ms(1000);

  while(1){
    port_a=0x06;
    if(input(PIN_B0)==0 || input(PIN_B3)==0)
      break;
  }
  port_a=0;
  delay_ms(1000);
}
}

//Port_a3=input
//Port_b0~3=input
//Output 0 at the port_a
//Output 0 at the port_b
//Wait 1 second

//Loop
//Loop
//Start SW ON break the Loop

//Loop while Limit SW1 ON
//Output 0x04 at the port_a Relay1 ON

//Output 0 at the port_a Relay 1 OFF
//Wait 1 second

//Loop
//Output 0x06 at the port_a Relay1,2 ON
//Limit SW3 ON or Directions SW ON
break the Loop

//Output 0 at the port_a Relay1,2 OFF
//Wait 1 second

```

3.2 フローチャートとシステムのプログラム

図9はCKの発生をするプログラムのフローチャートを、図10はシステムをコントロールをするプログラムのフローチャートを示している。

表2はCKの発生をするプログラムを、表3はシステムのコントロールをするためのプログラムを示している。

§4. 結言

本研究において、PIC を使用して簡易のコントローラを製作した結果を要約すると次のようになる。

1. ステッピングモータがハード原点を確認し、指定した位置で停止できる装置を製作することができた。
2. C言語を使用して動作する安価なモータコントローラを設計し製作することができた。

参考文献

- 1) 鈴木美朗志, たのしくできるC&PIC制御実験, 東京電機大学出版局, 2003.
- 2) 鈴木美朗志, わかるマイコン電子工作 PIC&C言語でつくる赤外線リモコン, 電波新聞社, 2007.
- 3) PCB&PCM PIC C Compiler クイックリファレンスマニュアル, アイ・ピー・アイ, 1997.

60GHz 帯 NRD ガイドガン発振器の周波数領域解析

(専攻科機械電気工学専攻) 大上晃一
(電気情報工学系分野) 黒木太司

Analytical Approach in Frequency Domain for NRD guide Gunn Oscillator at 60 GHz

(Advanced Mechanical and Electrical Engineering Course) Ko-ichi OHUE
(Faculty of Electrical Engineering and Information Science) Futoshi KUROKI

Abstract

Q factors of 2 types of self-injection locked NRD guide Gunn oscillators; reflection and band-stop types, were calculated based on the Ohira's theory for the purpose of reducing the phase noise at millimeter wave frequencies. The calculated results were similar to the measured results, and hence the validity of the calculation. According to these results, it was obvious that the band-stop type had the narrow injection range, but the good noise reduction performance compared with those of the reflection one. Oscillation spectrums of the free-running and self-injection locked Gunn oscillators were calculated by using the calculated Q factors, and it was confirmed that agreement between the measured and calculated phase noise characteristics was quite satisfactory.

Key Words: Millimeter-waves, NRD guide, Gunn oscillator, and Self-injection locking.

ミリ波, NRD ガイド, ガン発振器, 自己注入同期

§1 はじめに

ミリ波帯では半導体デバイスの性質上, 利用する発振器の位相雑音がセンチ波帯と比べて劣化することから, 安定度の高い発振器の実現のためには Q ファクタの解析が重要になる。そこで本論では 60GHz 帯 NRD ガイドガン発振器の Q ファクタを, 自走時及び自己注入同期時で解析し, その結果を用いて位相雑音を計算した。また自己注入同期方式として, 反射形及び帯域阻止形自己注入同期の優劣を比較検討した。

まず NRD ガイドガン発振器[1]を, 実際のガンダイオード素子も含めてモデル化し, ガンダイオード素子から NRD ガイド回路側を見込んだ入力イン

ピーダンスを, 電磁界シミュレータ(アンソフト社 HFSS)を用いて解析し, その結果をもとに大平の式 [2]を用いて自走状態における発振回路の Q ファクタを計算し位相雑音を求めた。

次に, この NRD ガイドガン発振器に, 無負荷 Q4000 のセラミック共振器を結合させて, 反射形及び帯域阻止形自己注入同期ガン発振器[3]を構成し, 同様の手法で発振回路の位相雑音を計算するとともに, 2種の自己注入同期方式の優劣を検討した。

さらにこれらの結果を用いて発振スペクトラムを計算し, 実験値と比較することにより, 解析の妥当性を検証した。以下にその詳細を述べる。

§2 NRD ガイドガン発振器の構造

NRD ガイドは遮断平行平板導波管に誘電体ストリップを挿入した構造であり、その平行平板間隔は60GHz帯で半波長以下となるよう2.25mmとした。また、誘電体ストリップの材質はミリ波で低損失なテフロンとし、その高さ及び幅はそれぞれ2.25mm, 2.5mmに設定した。

このNRDガイドを用いて構成したNRDガイドガン発振器の構造を図1に示す。ガンダイオードはNRDガイドの偏波を考慮し、ヒートシンクを兼ねた金属片内に横向き格納されている。また、この金属片には $\lambda/4$ ステップチョークの作用をする溝を設けてあるが、これは発振したミリ波が金属片後方へ漏れるのを抑えるためである。ガンダイオードのバイアス電圧はこの金属片の側面に貼り付けてある $\lambda/4$ マイクロストリップチョークを通して印加し、ガンダイオードからの発振出力は垂直ストリップ線路共振器を介して誘電体ストリップへと導かれる。このような原発振器の発振周波数は垂直ストリップ線路共振器の長さで決定される。

次に構造の詳細を図2に示すガン発振器の解析モデルをもとに説明する。ガンダイオード素子は同図(b)に示すような厚み0.165mm, 比誘電率9.8のセラミック円筒内部に格納され、これとアノード電極である厚み0.13mmの金属蓋は、幅40 μm の金属リボンで十字状に厚み1 μm の金属板と接続されている。またこのセラミック円筒は、金属片の側面に設けられた直径1.5mm, 深さ0.3mmの円筒状穴の中心部に同心状に装着されている。

ガンダイオード素子の各部寸法の詳細は論文[4]を参考にして、同図(c)に示すように半径50 μm , 高さ15 μm の円柱形を仮定し、これを半径0.3mm, 厚み0.1mmの放熱円板上に配置した。また厚み4.4 μm の動作層(n)は比誘電率13のGaAsを、厚み8.6 μm の再成長層(n++)及び厚み2 μm の基板層(n+)は導体を仮定した。解析では、放熱円板を内導体、金属

片の側面に設けられた直径1.3mmの円筒形穴を外導体とした同軸線路を入力ポートとし、このポートよりNRDガイド側を見込んだ入力インピーダンスを電磁界シミュレータで解析した。なお、垂直ストリップ線路共振器は比誘電率3, 厚さ0.265mmのガラステフロン誘電体基板を仮定した。

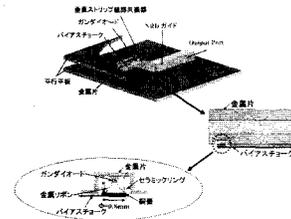
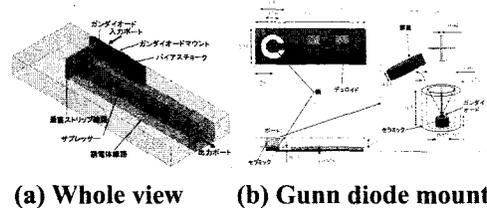
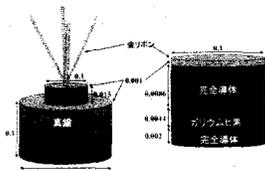


Fig1. Structure of NRD guide Gunn Oscillator



(a) Whole view (b) Gunn diode mount



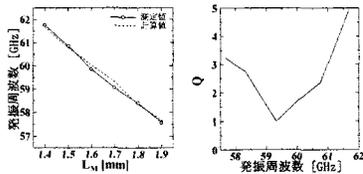
(c) Gunn diode

Fig2. Calculation model of NRD guide Gunn oscillator (unit in mm)

§3 原発振器の発振周波数及びQファクタ解析

前述のように垂直ストリップ線路共振器の長さによってガン発振器の発振周波数が変化するので、まず垂直ストリップ線路共振器の長さを1.4mmから2.2mmまで変化させ、周波数に対する入力リアクタンスを計算し、その結果より垂直ストリップ線路共振器の長さに対する発振周波数を計算した。その結果を図3(a)に破線で示す。ここで実線は実験値であり、両者の傾向は一致した。また、この結果をもとにNRDガイドガン発振器のQファクタを計算し、その結果を図3(b)に示す。これより原発振器におけるQファクタは59GHzで1.56と非常に低

いことが分かる。



(a) Oscillation frequency (b) Q factor
Fig3. Oscillation frequency and Q factor versus vertical strip line resonator length L_M

§4 2種の自己注入同期発振器の発振周波数及び位相雑音の計算

反射形及び帯域阻止形自己注入同期 NRD ガイドガン発振器の構造を図4に示す。反射形自己注入同期発振器はストリップ線路共振器の後方に空隙を介して設置した、無負荷 Q4000 程度の円板形セラミック共振器により発振出力の一部を発振器に帰還させるものである。一方、帯域阻止形自己注入同期発振器は誘電体線路に沿うように設置したセラミック共振器により発振出力の一部を発振器に帰還させるものである。

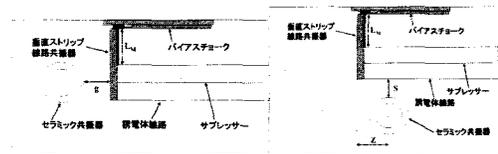
これら2種の自己注入同期発振器は、いずれも同期時はセラミック共振器の共振周波数で発振することから、原発振器の発振周波数とセラミック共振器の共振周波数の差が200MHz、及び800MHzの場合を仮定し、それぞれの自己注入同期発振器における発振周波数とQファクタから求めた位相雑音を以下に計算する。なお上述の周波数差は図3より垂直ストリップ線路共振器の長さ L_M を変化させることにより設定した。

図5は反射形自己注入同期発振器の計算結果であり、発振周波数及び位相雑音は空隙長 g の関数として求めた。これより周波数差200MHzでは解析結果と実験結果の傾向はほぼ一致しており、空隙長 g が4mm以上のとき同期しなくなることが分かる。次に周波数差

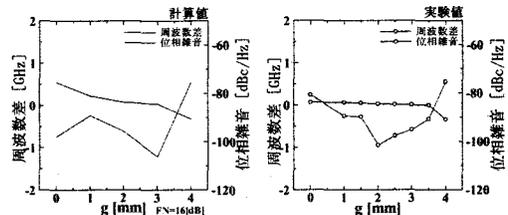
を800MHzに設定した場合、実験結果では g が2.2mm以上で同期しなくなっているが、解析結果では g が4mm以上で同期しなくなっている。しかし傾向は似ており、実験精度のためと考えられる。

図6は帯域阻止形自己注入同期発振器の計算結果であり、この場合は空隙 s を1.2mmに固定し、 Z の関数として発振周波数、及び位相雑音を求めた。これより周波数差200MHzでは、原発振器の発振周波数が同期する点は実験結果とずれているが、解析結果と実験結果の全体の傾向は概ね一致している。また周波数差800MHzでは、実験結果、及び解析結果とも同期しておらず、誘電体共振器の影響がないことが双方の結果から示された。

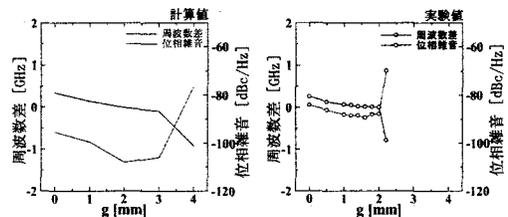
これより、帯域阻止形同期発振器は反射形同期発振器に比べて同期範囲が狭いが、Qファクタは高く位相雑音が良好であることが解析結果より確認された。



(a) Reflection type (b) Band-stop type
Fig4. Plane view of calculation model of self-injection locked NRD guide Gunn oscillator

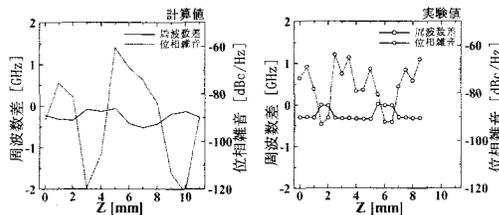


(a) Frequency deviation at 200MHz

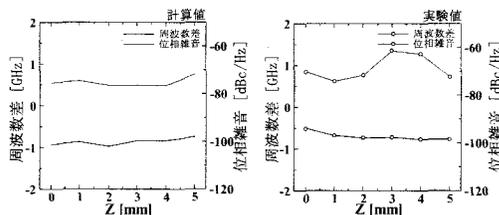


(b) Frequency deviation at 800MHz

Fig5. Oscillation frequency and phase noise of reflection type of self-injection locked NRD guide Gunn oscillator



(a) Frequency deviation at 200MHz



(b) Frequency deviation at 800MHz

Fig6. Oscillation frequency and phase noise of Band-stop type of self-injection locked NRD guide Gunn oscillator

§ 5 NRD ガイドガン発振器の発振スペクトラム

原発振器、及び反射形自己注入同期時の発振スペクトルを観測し、これを位相雑音に換算して図 7 に示す。また、解析結果より計算した発振スペクトラムを同図に示す。ここで発振スペクトラムはリーソンの式[5]

$$P_{SSB}(\delta f) = \left\{ 1 + \left(\frac{f_0}{2Q\delta f} \right)^2 \right\} P_{source} \quad (1)$$

により計算した。

ここで、 P_{source} はダイオードの雑音電力密度スペクトルであり、 N , F , T , B , P_s をそれぞれ変換損失、雑音指数、温度、帯域幅、原発振器の出力、また k をボルツマン定数として

$$P_{SOURCE} = N \frac{2FkTB}{P_s} \quad (2)$$

で表される。実際にはガンダイオードの変換損失や雑音指数は不明なので、実験値と比較しながら P_{source} を変化させてカーブフィッティングしたが、

理論と実験の傾向は一致しており、本計算手法の妥当性が確認された。

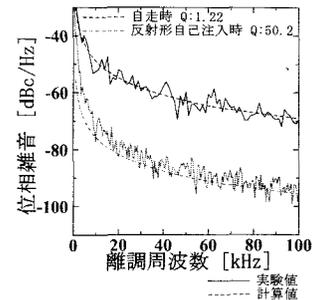


Fig7. Measured and calculated phase noise

§ 6 あとがき

NRDガイドを用いたガン発振器について大平の発振器理論を基に検討を行い、従来の Q カーブでは計算できなかった原発振器の Q ファクタを求めることが出来た。また、2種の自己注入同期法を用いた NRD ガイドガン発振器の解析及び実験を行い、位相雑音の評価を行った。その結果、反射形、及び帯域阻止形の優劣をつけることが出来た。さらに解析結果と実験結果の傾向は概ね一致しており、解析モデルの妥当性も確認された。

参考文献

- [1] F. Kuroki and T. Yoneyama, "NRD Guide Digital Transceivers for Millimeter Wave LAN System", IEICE Trans. Vol.79-E, No.12, pp.1759-1764 (1996)
- [2] T. Ohira, "Rigorous Q factor formulation for one- and two-port passive linear networks from an oscillator noise spectrum viewpoint", IEEE Trans. Circuits and Systems Part II, CASII-52, 12, pp.846-850, Dec. 2005.
- [3] F. Kuroki, S. Ishikawa, and T. Yoneyama, "Comparative Study on Two Types of Self-Injection Locked NRD Guide Gunn Oscillators", Proceedings of the 35th European Microwave Conference, pp.217-220 (October, 2005 in Paris, France)
- [4] Chen Xiaojian, Deng Yanmao, Huang Zhenqi, "V-BAND GaAs GUNN DIODE", MTT-S International Volume 81, pp.245-245, Jun. 1981
- [5] D. B. Leeson, "A simple model of feedback oscillator noise spectrum," Proc. IEEE, no. 2, pp. 329-330, Feb. 1966.

任意形状から成るエバネッセント結合回路の

インバータパラメータ表示

(専攻科機械電気工学専攻) 表 祐介

(電気情報工学系分野) 黒木太司

Representation of Inverter Parameter Network in Evanescently-coupled Transmission Lines with Arbitrary Input and Output Ports

(Advanced Mechanical and Electrical Engineering Course) Yu-suke OMOTE
(Faculty of Electrical Engineering and Information Science) Futoshi KUROKI

Abstract

Reactance networks with asymmetrical input and output ports were transformed to an equivalent circuit having an inverter parameter and transmission lines for the purpose of designing band pass filters, structures of the resonators being different from those of the input and output ports. First of all, the reactance network was transformed into a T-section network. And then, according to the F parameter of the T-section network, electrical phases of the transmission lines were formulated by using the reactance elements. Next, an inverter parameter was formulated by open-circuiting the output port of the reactance network. Based on these derived equations, for example, a reactance network consisting of a gap between a coaxial cable and a bi-laterally metal-loaded tri-plate transmission line was transformed to the design diagram for the bi-laterally metal-loaded tri-plate transmission line filter fed by the coaxial cable at 30 GHz.

Key Words: Microwave, Band Filter, Millimeter-wave;

マイクロ波, 帯域フィルタ, ミリ波

§1 はじめに

一般に, フィルタは Matthaei によるインバータパラメータを用いた等価回路[1]により設計されるが, 入出力線路と共振器の形状が異なる場合, その設計には一考を要する。そこで本論では, このような形状のフィルタの設計手法を確立するため, 非対称入出力ポートからなる T 型リアクタンス回路をインピーダンスインバータと伝送線路で表される等価回路に等価変換した。

§2 非対称リアクタンス回路の等価回路表示

図1にT型回路で表された非対称リアクタンス回路を示す。ここで, 直列アーム及び並列アームの各リアクタンスを X_{S1} , X_{S2} 及び X_p とし, 1-1' 端子及び 2-2' 端子の特性インピーダンスをそれぞれ Z_{01} 及び Z_{02} とする。この回路をフィルタ設計に用いるため, 本論では図2に示す回路に示す等価変換する。ここで, ϕ_1 及び ϕ_2 は特性インピーダンス Z_{01} 及び Z_{02} からなる伝送線路の電気角であり, また K はインピーダンスインバータパラメータである。

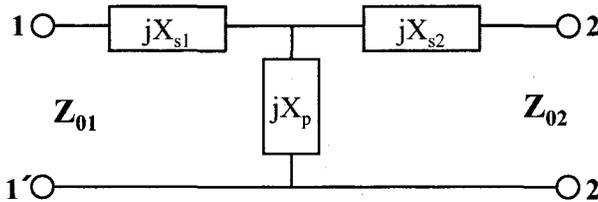


Fig. 1 T-section equivalent circuit having asymmetrical input and output ports

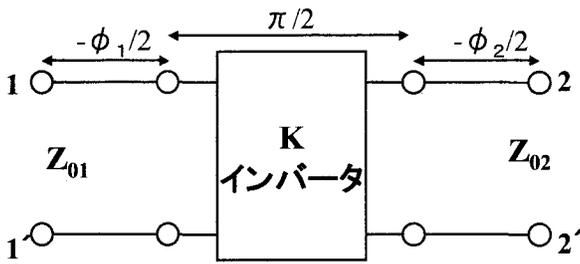


Fig. 2 Equivalent circuit of impedance inverter parameter having asymmetrical input and output ports

§3 インバータ回路への等価変換

3.1 電気角の導出

図1及び図2に示す回路のF行列を用いて、各電気角 ϕ_1 及び ϕ_2 を導出する。まず図1に示されるT型回路のF行列は

$$[F] = \begin{bmatrix} A_T & B_T \\ C_T & D_T \end{bmatrix}$$

として

$$A_T = 1 + \frac{X_{S1}}{X_P} \quad (1-a)$$

$$B_T = jX_{S1} + jX_{S2} \cdot \left(1 + \frac{X_{S1}}{X_P}\right) \quad (1-b)$$

$$C_T = \frac{1}{jX_P} \quad (1-c)$$

$$D_T = 1 + \frac{X_{S2}}{X_P} \quad (1-d)$$

とする。同様に、図2のF行列は

$$[F] = \begin{bmatrix} A_K & B_K \\ C_K & D_K \end{bmatrix}$$

$$\phi_1 = \tan^{-1} \left[\frac{2 \left\{ \frac{1}{\hat{X}_P} \left(\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}} + \frac{\hat{X}_{S1}}{\hat{X}_P}} \right) + \left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}} + \frac{\hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P}} \right) \left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}} \hat{X}_{S1}} + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}} \hat{X}_{S2}} + \frac{\hat{X}_{S1} \cdot \hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right) \right\}}{\left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}} \hat{X}_{S1}} + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}} \hat{X}_{S2}} + \frac{\hat{X}_{S1} \cdot \hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right)^2 - \left(\frac{1}{\hat{X}_P} \right)^2 + \left(\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}} + \frac{\hat{X}_{S1}}{\hat{X}_P}} \right)^2 - \left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}} + \frac{\hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P}} \right)^2} \right] \quad (4-a)$$

として

$$A_K = \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{Z_{01}}{K} + \frac{K}{Z_{02}} \right\} \cdot \sin \left(\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right) + \left\{ \frac{Z_{01}}{K} - \frac{K}{Z_{02}} \right\} \cdot \sin \left(\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right) \right] \quad (2-a)$$

$$B_K = j \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{Z_{01} \cdot Z_{02}}{K} + K \right\} \cdot \cos \left(\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right) + \left\{ -\frac{Z_{01} \cdot Z_{02}}{K} + K \right\} \cdot \cos \left(\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right) \right] \quad (2-b)$$

$$C_K = j \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{1}{K} + \frac{K}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \right\} \cdot \cos \left(\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right) + \left\{ \frac{1}{K} - \frac{K}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \right\} \cdot \cos \left(\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right) \right] \quad (2-c)$$

$$D_K = \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{1}{K} + \frac{K}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \right\} \cdot \cos \left(\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right) + \left\{ \frac{1}{K} - \frac{K}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \right\} \cdot \cos \left(\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right) \right] \quad (2-d)$$

で表される。従って、式(1)及び式(2)において、対応する各要素を等しいとおくことで、以下の式を得る。

$$\left\{ \frac{1}{\hat{K}} + \hat{K} \right\} \sin \left[\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right] + \left\{ \frac{1}{\hat{K}} - \hat{K} \right\} \sin \left[\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right] = 2 \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \left(1 + \sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} \frac{\hat{X}_{S1}}{\hat{X}_P} \right) \quad (3-a)$$

$$j \left\{ \left(\frac{1}{\hat{K}} + \hat{K} \right) \cos \left[\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right] - \left(\frac{1}{\hat{K}} - \hat{K} \right) \cos \left[\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right] \right\} = j 2 \left\{ \sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} \hat{X}_{S1} + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \hat{X}_{S2} + \frac{\hat{X}_{S1} \cdot \hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right\} \quad (3-b)$$

$$j \left\{ \left(\frac{1}{\hat{K}} + \hat{K} \right) \cos \left[\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right] + \left(\frac{1}{\hat{K}} - \hat{K} \right) \cos \left[\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right] \right\} = -j \frac{2}{\hat{X}_P} \quad (3-c)$$

$$\left\{ \frac{1}{\hat{K}} + \hat{K} \right\} \sin \left[\frac{\phi_1}{2} + \frac{\phi_2}{2} \right] - \left\{ \frac{1}{\hat{K}} - \hat{K} \right\} \sin \left[\frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} \right] = 2 \sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} \left(1 + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \frac{\hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right) \quad (3-d)$$

但し、 \hat{X}_{S1} 、 \hat{X}_{S2} 、 \hat{X}_P 及び \hat{K} は規格化されたリアクタンス及びインピーダンスインバータパラメータであり次式で定義した。

$$\hat{X}_{S1} = \frac{X_{S1}}{Z_{01}}$$

$$\hat{X}_{S2} = \frac{X_{S2}}{Z_{02}}$$

$$\hat{X}_P = \frac{X_P}{\sqrt{Z_{01} Z_{02}}}$$

$$\hat{K} = \frac{K}{\sqrt{Z_{01} Z_{02}}}$$

上式より $(1/\hat{K} + \hat{K})$ を消去し、かつ ϕ_1 及び ϕ_2 についてまとめると、次式により電気角が与えられる。

$$\phi_2 = \tan^{-1} \left[\frac{2 \left\{ \left(\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} + \frac{\hat{X}_{S1}}{\hat{X}_P} \right) \left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} \hat{X}_{S1} + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \hat{X}_{S2} + \frac{\hat{X}_{S1} \cdot \hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right) + \frac{1}{\hat{X}_P} \left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} + \frac{\hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right) \right\}}{\left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} \hat{X}_{S1} + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \hat{X}_{S2} + \frac{\hat{X}_{S1} \cdot \hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right)^2 - \left(\frac{1}{\hat{X}_P} \right)^2 - \left(\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} + \frac{\hat{X}_{S1}}{\hat{X}_P} \right)^2 + \left(\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} + \frac{\hat{X}_{S2}}{\hat{X}_P} \right)^2} \right] \quad (4-b)$$

とが可能となった。

3.2 インバータパラメータの導出

図1において、2-2' 端子を開放端時の1-1' 端子から見た入力インピーダンスを \hat{Z}_{T1} 及び1-1' 端子開放時の2-2' 端子から見た入力インピーダンス \hat{Z}_{T2} は

$$\hat{Z}_{T1} = jX_{S1} + jX_P \quad (5-a)$$

$$\hat{Z}_{T2} = jX_{S2} + jX_P \quad (5-b)$$

で表される。

次に、図2に示す非対称遮断域の等価伝送線路についても、同様に1-1' 端子からの入力インピーダンス及び2-2' 端子からの入力インピーダンスを導出し、それぞれを式(6-a)及び(6-b)に表す。

$$\hat{Z}_{T1}^p = jZ_{01} \tan \left[-\frac{\phi_1}{2} + \tan \left(\frac{K^2}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \tan \left[-\frac{\phi_2}{2} \right] \right) \right] \quad (6-a)$$

$$\hat{Z}_{T2}^p = jZ_{02} \tan \left[-\frac{\phi_2}{2} + \tan \left(\frac{K^2}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \tan \left[-\frac{\phi_1}{2} \right] \right) \right] \quad (6-b)$$

ここで、式(5)と式(6)をそれぞれ等しくおくと次式を得る。

$$Z_{01} \tan \left[-\frac{\phi_1}{2} + \tan \left(\frac{K^2}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \tan \left[-\frac{\phi_2}{2} \right] \right) \right] = X_{S1} + X_P \quad (7-a)$$

$$Z_{02} \tan \left[-\frac{\phi_2}{2} + \tan \left(\frac{K^2}{Z_{01} \cdot Z_{02}} \tan \left[-\frac{\phi_1}{2} \right] \right) \right] = X_{S2} + X_P \quad (7-b)$$

上式より、K インバータは

$$\hat{K} = \sqrt{\frac{\tan \left[\frac{\phi_1}{2} + \tan^{-1} \left(\hat{X}_{S1} + \sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \hat{X}_P \right) \right]}{\tan \left[-\frac{\phi_2}{2} \right]}} = \sqrt{\frac{\tan \left[\frac{\phi_2}{2} + \tan^{-1} \left(\hat{X}_{S2} + \sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} \hat{X}_P \right) \right]}{\tan \left[-\frac{\phi_1}{2} \right]}} \quad (8)$$

と求まる。上式の第2項は式(7-a)より、第3項は式(7-b)より導出されるが、それぞれ等しいのでフィルタ設計の際には、どちらか一方を用いればよい。

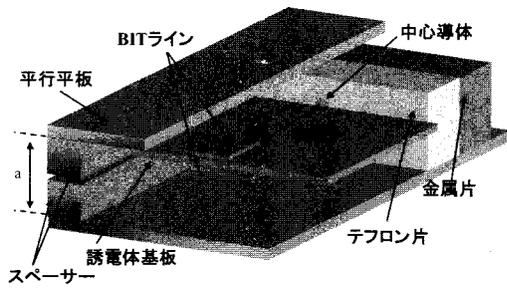
以上の考察により、非対称 T 型リアクタンス回路は式(4)及び式(8)で与えられるインピーダンスパラメータ及び電気角からなる等価回路に等価変換するこ

§4 非対称リアクタンス回路のインバータパラメータ表示

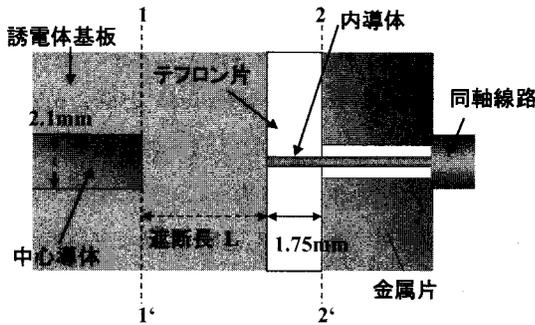
非対称リアクタンス回路の一例として、遮断域を介して同軸線路で給電された両面金属装荷トリプレート伝送線路 (Bi-laterally Metal-loaded Tri-plate Line; BIT ライン) [2]の構造を図3に示す。BIT ラインは、遮断平行平板導波管内に挿入した誘電体基板の両面に対称に金属ストリップを配線した伝送線路であり、両金属ストリップを同電位にすることで誘電体基板内の電磁界分布が抑制され、ミリ波帯で低損失な特徴を有する。また、この回路は同軸線路を出入力ポートとする BIT ラインフィルタ [3]に用いられるものであり、フィルタ特性改善のため同軸線路の中心導体は平行平板内に充てんされたテフロン片内に突出させている。

この回路の 30GHz における散乱行列を遮断域の長さの関数として電磁界シミュレーションにより計算し、これを Z 行列に変換後、1-1' 端子—2-2' 端子間の T 型リアクタンス回路素子 \hat{X}_{S1} 、 \hat{X}_{S2} 及び \hat{X}_P を計算した。その結果を図4に示す。同図によると、BIT ライン側の直列リアクタンス \hat{X}_{S1} は容量性を示すが、これは BIT ラインの切断端に電界が集中しているためと考えられる。また、同軸線路側の直列リアクタンス \hat{X}_{S2} は誘導性になるが、これは同軸線路の中心導体が平行平板内に突出しており、この部分に磁界が集中しているためと考えられる。これらの結果をもとに、式(4)及び式(8)よりインピーダンスインバータパラメータと電気角を求め、これを図5に示す。

以上より、同軸線路で給電された BIT ラインの等価回路表示が完了した。



(a) Whole view



(b) Plane view

Fig. 3 Structure of connecting BIT line with coaxial cable through gap

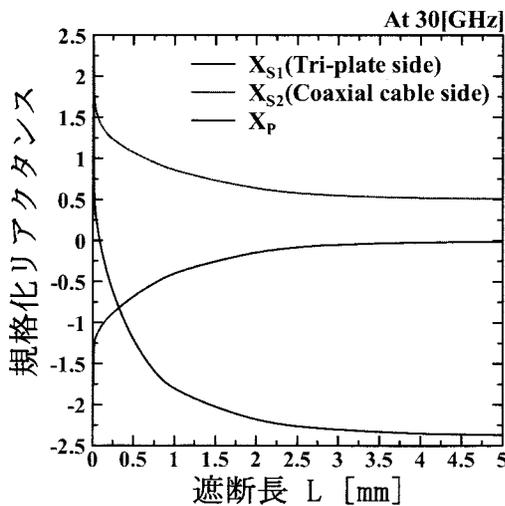


Fig. 4 Normalized reactance versus gap length

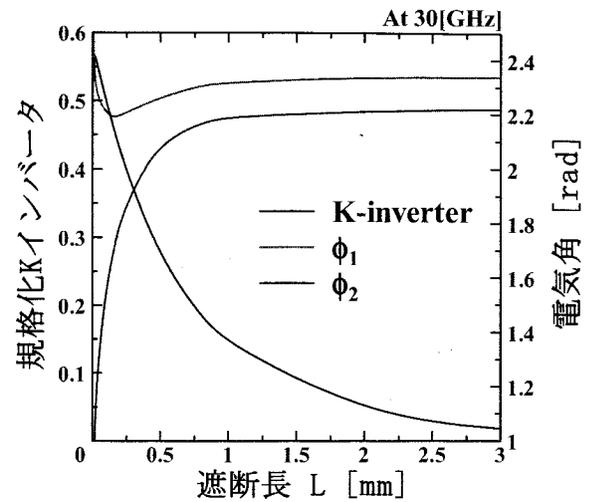


Fig. 5 Normalized K-inverter and electrical line length versus gap length

§5 まとめ

非対称入出力ポートからなる T 型リアクタンス回路をインピーダンスインバータと伝送線路で表される等価回路に等価変換した。また、その等価回路を用いて、非対称遮断域のインピーダンスインバータパラメータ及び電気角の定式化を行った。今後は、これらの結果をもとに同軸線路を入出力ポートとした BIT ラインフィルタの設計を行う予定である。

参考文献

[1] G.Matthaei, L.Young, E.M.T.Jones, "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, And Coupling Structures", 1980
 [2] F.Kuroki, R.Tamaru, R.Masumoto, and K.Miyamoto, "Loss Reduction Techniques of Printed Transmission Line at Millimeter-wave Frequency", Proc IEEE MTT-S Microwave Symp. (Juen 2007)
 [3] R.Masumoto, K.Miyamoto, and F.Kuroki, "Characteristics of I-laterally Metal-loaded Tri-plate Line Filter at Millimeter-wavelengths", Proc.APMC (Dec. 2007)

大気圧水素混合ヘリウムグロー放電の気体温度と電子密度の測定

(電気情報工学系分野) 山崎 勉

Measurement of Gas Temperature and Electron Density in an Atmospheric Glow Discharge in Helium and Hydrogen Mixture

(Faculty of Electrical Engineering and Information Science) Tsutomu YAMASAKI

Abstract

In this report, experimental results on gas temperatures and electron densities in sub-atmospheric pressure glow discharge in helium with 1% hydrogen mixture are presented. Experiments were carried out with micro-plasma generated in a micro-hollow cathode discharge, 0.5mm in diameter and 3.0mm in length of cylindrical hollow drilled in the metal and ceramics sandwich structure by emission spectroscopy. To derive gas temperature and electron density, spectral line shapes analysis were carried out considering pressure broadening, such as resonance or van der Waals, Stark broadening and Doppler broadening of helium line spectra of 667.8nm and hydrogen H-alpha 656.3nm. Obtained results showed qualitatively good agreement with other reports at higher gas pressure over 20kPa. Gas temperature grows from 300K at 20kPa linearly to 600K at 100kPa. Electron density grows from $0.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ at 20kPa to $3.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ at 100kPa. And at lower pressure than 20kPa, electron temperature increased with decrease of gas pressure.

Key Words: gas temperature, electron density, atmospheric pressure discharge, micro-hollow cathode, gas mixture

気体温度、電子密度、大気圧放電、マイクロホロー陰極、混合気体

1. まえがき

大気圧グロー放電は生成されるプラズマの非平衡性から気体改質や表面処理などへの応用開発が進められている¹⁾。ホロー陰極放電はそのような放電を得る一つ方法で²⁾、ヘリウムを用いると高気圧グロー放電が安定して得られる³⁾。生成されたプラズマの計測もいくつか報告されているが⁴⁾、放電機構の解明には至っていない。ところで、直径 0.5mm の円筒ホロー陰極を用いてヘリウムホロー陰極グロー放電で生成した大気圧プラズマの気体温度の測定結果を前回報告した⁵⁾。気体温度の導出には HeI667.8nm の共鳴広がり幅を利用した。その中で荷電粒子衝突により表れるシュタルク広がり性を考慮する必要性を指摘した。そこで大きなシュタルク広がりをもつ水素のスペクトル線 656.3nm とヘリウムスペクトル線を解析し両スペクトル線型が最も再現できるように電子密度と気

体温度を求めた。すなわちヘリウムのスペクトル広がりには共鳴広がり性とシュタルク広がり性を考慮し、水素にはシュタルク広がり性とファンデアワールス広がり性をローレンツ関数形の広がりとして検討した。そのため水素 1%混合したヘリウムを使用し、二つのスペクトル線広がり性の解析から求めた⁶⁾。また、気体温度や電子密度の気圧依存性を数 kPa から大気圧に至る範囲で測定し、ホロー陰極放電生成プラズマと気圧の関係について検討したのでここに報告する。

2. 実験装置

2.1 電極とプラズマ生成

放電電極は厚さ 3mm の 2 枚の黄銅板で厚さ 1mm のセラミック絶縁板を挟む三層構造の板面に垂直に直径 0.5mm の穴をあけて製作したホロー陰極を使用した。電極構造を

図1に示す。放電気体を陰極から陽極の方向に僅かずつ流し、電極の上流と下流の圧力差1.5kPa一定でとした。安定化抵抗2.5kΩを用い直流放電し、放電電流50mAで分光測定を行った。陰極側からの発光をレンズで集光し光ファイバにより分光器に導き、測定記録した。

2.2 発光分光測定系

測定系は回折格子分光器(日本分光工業 CT100P, 刻線数1200本/mm, プレーズ波長750nm)の入射スリット上に光ファイバにより導いたマイクロプラズマからの発光を結像させ、分光器出射光を光電子増倍管(R453浜松ホトニクス)で光電変換した後、デジタル電子電流計で信号変換しパーソナルコンピュータで記録した。分光器の波長走査には電子電流計から出るパルス信号を利用した。1点記録する毎に分光器内蔵パルスモーターにより波長幅0.0005nm走査した。分光測定装置の装置関数は装置幅公称値でよく表され、その線型はガウス関数でよく近似できた。測定時のスリット幅を0.020mmとし装置幅0.01522nmであった。

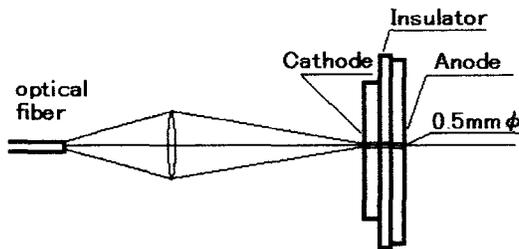


Figure 1 electrode structure of a hollow cathode discharge

図1 ホロー陰極放電の電極構造

3. 結果と考察

3.1 放電特性

始めに測定した放電開始特性を図2に示す、使用した気体は1%の水素を混合したヘリウムである。放電開始電圧は測定した気圧範囲で低くほぼ450V以下で最小電圧350Vは10kPaで見られる。比較のため純ヘリウムの場合の放電開始電圧の気圧依存性を示す。水素の混合により電離係数が増加し放電開始電圧が純ヘリウムの場合と比べ低下した⁷⁾。

放電電流50mAにおける放電維持電圧の気圧依存性を図3に示す。40kPa以下では水素混合ヘリウムの場合気圧が増

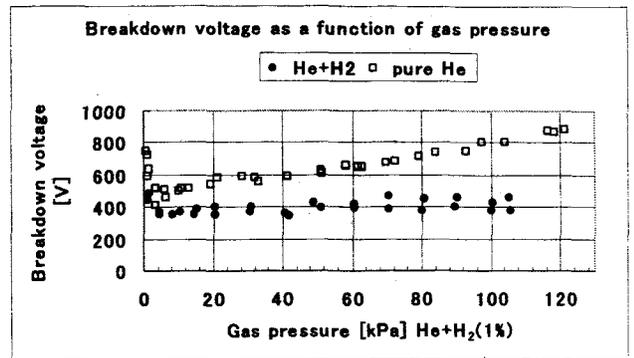


Figure 2 Breakdown voltages as a function of gas pressure, in gas mixture of helium and 1% hydrogen, compared with data in pure helium

図2 放電開始電圧と気圧の関係

すると維持電圧が低下し、それ以上の気圧では維持電圧は230V ほぼ一定を示した。純ヘリウムでは20kPa以下で気圧増加とともに維持電圧は増加しその後水素混合ヘリウムの場合とほぼ同じ維持電圧を示した。

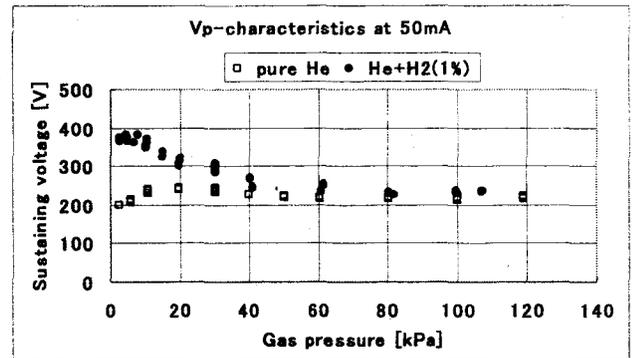


Figure 3 Discharge sustaining voltages as a function of gas pressure, in gas mixture of helium and 1% hydrogen, compared with data in pure helium at discharge current 50mA

図3 放電電流50mAでの放電維持電圧と気圧の関係

3.2 発光スペクトル分布と気圧依存性

水素656.3nmとヘリウム667.8nmの発光スペクトル線型を解析し気体温度と電子密度を導出した。始めに三つのスペクトル線 HeI667.8nm, 水素バルマー系列 H_α656.3nmとH_β486.3nmをそれぞれ0.30nm(データ数600)の波長幅で測定した。その気圧依存性を図4に示す。発光強度は気圧に依存し図では対数表示している、ただし分光感度は各波長で異なる。水素の発光強度が40kPaで最大値を示したのに対し、ヘリウムでは10kPaで最大値であった。

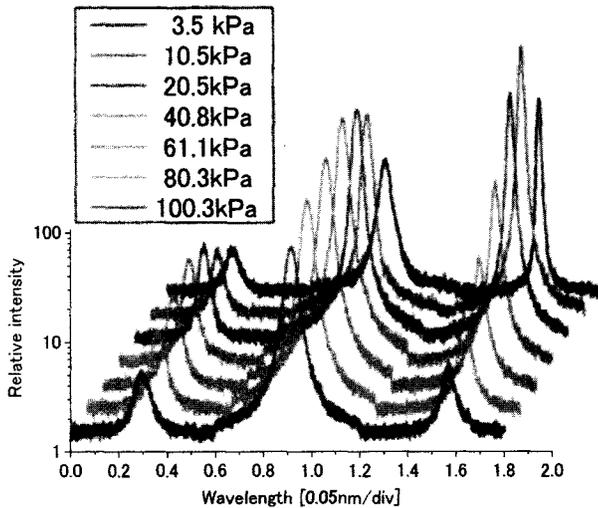


Figure 4 gas pressure dependence of emission spectral intensity distribution for hydrogen Balmer series of 486.3nm and 656.3nm, and neutral helium 667.8nm, for vertical axis in logarithm and linear of 0.1nm/div for horizontal display

図4 発光スペクトル線形の気圧依存性, 左から水素バルマー系列 486.2nmH β , 656.3nmH α , 667.8nmHe, 発光強度は対数表示

放電電流 50mA 一定で気圧による発光強度変化は, 水素とヘリウムで最大強度を示す気圧は異なる。

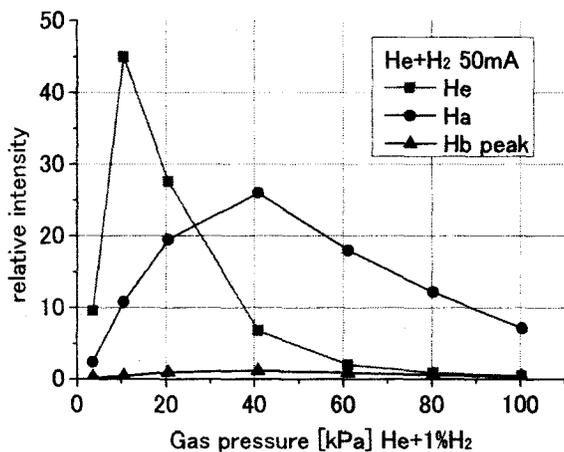


Figure 5 peak intensities of spectral lines as a function of gas pressure for helium, hydrogen H-alpha and H-beta

図5 発光強度の気圧依存性

3.3 スペクトル線形の広がり成分について

高気圧非平衡プラズマからの発光のスペクトル広がり, 気体分子や荷電粒子の衝突による圧力広がり, 発光体の熱運動によるドブラー広がり, が主な過程である。気体温度が低い場合, ドブラー幅より圧力幅のほうが大きく気体温度に適している⁸⁾。圧力幅に占める荷電粒子によるシュタルク幅が無視できない場合, 複数の波長で解析すると温度や密度が決定できる⁹⁾。電子温度 T_e [K] を仮定し, 気体温度 T_g [K] と電子密度 n_e [cm⁻³] を決定した。使用した広がり幅の式は次のとおり。ただし気圧 p [kPa], 気体分子密度 $N=p/kT_g$ [cm⁻³] である。ヘリウム原子と水素原子のドブラー幅 W は原子質量 $M=4.0026$ (He) 1.0079(H), 中心波長 λ_0 [nm]=667.815(He), 656.281(H α) に依存する。ヘリウム励起原子と中性原子の衝突で生じる共鳴広がり幅 W_{He} , 水素励起原子とヘリウム修正原子の衝突により生じるファンデアワールス幅 W_H , 電子と励起原子の衝突により生じるシュタルク広がり幅を He と H に対しそれぞれ W_{He}^S, W_H^S とした⁹⁾。

$$W = 2\sqrt{\frac{2kT_g \ln 2}{Mc^2}} \lambda_0$$

ここで, k はボルツマン定数, c 光速。ヘリウム共鳴線の角周波数 ω' , 振動子強度 f , その遷移の上準位と下準位の統計重率をそれぞれ g_1, g_2 で表す。 ϵ_0, m_e, e は真空の誘電率, 静止質量および素電荷で表すと共鳴幅は次式である。

$$W_{He} = 3\pi \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} \frac{e^2 f}{4\pi\epsilon_0 m_e \omega_0'} N$$

下準位共鳴波長より $\omega_0' = 2\pi c/\lambda, \lambda = 58.433\text{nm}(2^1P-1^1S)$, その振動子強度 $f = 0.276$, また $(g_1, g_2) = (1, 3)$ はそれぞれ下準位, 上準位の統計重率である。

ファンデアワールス幅は衝突する粒子の断面積で定まる定数 C_6 , 粒子間の平均相対速度 v とで表される。

$$W_H = 8.16C_6^{2/5} v^{3/5} N$$

$$C_6 = \frac{e^2 \langle r^2 \rangle \alpha}{h/2\pi}, \quad \alpha = \frac{4}{3} m_i \left(\frac{Ry}{I_{He}} \right)^2 a_0 \langle r_p^2 \rangle$$

$$\langle r^2 \rangle = 5n^4 a_0^2 / 2, \quad n^* = \sqrt{\frac{Ry}{I_a}}$$

$N=(p/kT_g)$ は気体分子密度, $v = \sqrt{(8kT_g/\pi M)}$ は分子熱速度, M は水素原子とヘリウム原子の換算質量。等価断面積は励起された発光分子(水素原子)に対し

$$\langle r^2 \rangle, n^* = \sqrt{(Ry/I_a)}, I_a = I_H - I_{HD}$$

摂動分子(ヘリウム基底原子)に対し

$$\langle r_p^2 \rangle, n_p^* = \sqrt{(Ry/I_b)}, I_b = I_{He}$$

$I_{He} = 198310.77, I_H = 109678.77 \text{ cm}^{-1}, I_{HD} = 97492.22$ にて計算する。 α は偏極率, $m_l = 2$ (He 基底準位)は等価電子の数を表す。ボーア半径 $a_0 = 0.5291772 \text{ \AA}$, リュドベリ定数 R_y , n^* 実効量子数, I_a ヘリウムの電離ポテンシャルである。

シュタルク幅はヘリウムと水素で異なり次式で表される。

$$W_{He} = [1 + 1.75\alpha_i(1 - 0.75 \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 kT_e}\right)^{1/2}) (36\pi n_e)^{1/6}] w_s n_e$$

$$W_H = \alpha_{1/2} \left(\frac{4\pi n_e}{3}\right)^{2/3} \frac{e}{4\pi\epsilon_0}$$

ここで $\alpha_i, w_s, \alpha_{1/2}$ は電子温度と電子密度に依存する定数で Griem の計算結果を利用する¹⁰⁾。 $T_e = 10,000 \text{ K}$ では、ヘリウム 667.8nm について $w_s = 0.0439 \text{ nm}$, $\alpha = 0.142$, $r = 567.9 \times (n_e/10^{16})^{1/6}$ である、水素 656.3nm では、 $\alpha_{1/2} = 0.00134 \times 2$ となる。

観測される発光は負グローからなのでシュタルク広がり幅の見積もりには電子温度 $T_e = 10,000 \text{ K}$ を仮定した。なぜなら、陰極降下領域から入射してきた高速電子群が負グローに入射すると盛んに非弾性衝突しそのエネルギーを消耗しつくしす結果負グローが生成されているためである。

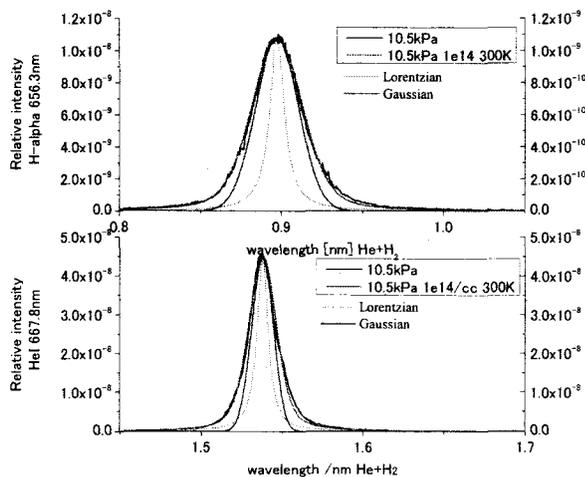


Figure 6 spectral line shapes of hydrogen (upper) and helium (lower), low pressure at 10.5kPa, discharge current 50mA

図6 スペクトル線型の解析結果例 低気圧 10.5kPa, 上図は水素 656.3nm と下図は He667.8nm

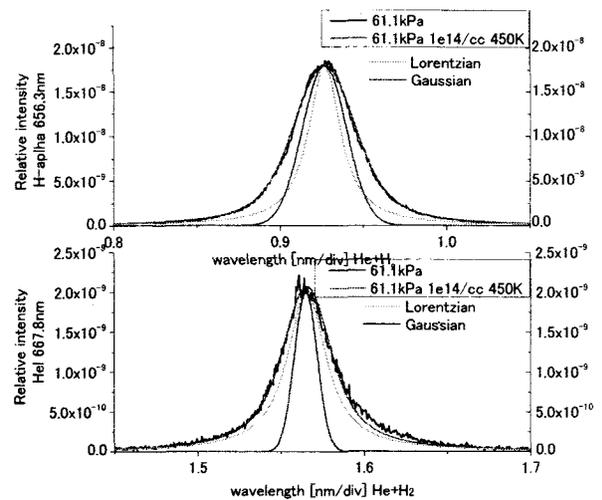


Figure 7 spectral line shapes of hydrogen (upper) and helium (lower) at high pressure 61.1kPa, discharge current 50mA

図7 スペクトル線型の解析結果例 高気圧 61.1kPa, 上図は水素 656.3nm と下図は He667.8nm

3.4 フィッティング結果

図6は気圧 10.5kPa で上側は水素 656.3nm 下側はヘリウム 667.8nm である。測定結果とフィッティング曲線(滑らかな線)はよく一致している。フィッティング曲線は気体温度 300K, 電子密度 10^{14} cm^{-3} である。ヘリウムスペクトル線ではホロー陰極内の強電界のため非対称に現れている。低気圧では共鳴広がり小さく 7.1pm シュタルク幅はさらに小さく 0.9pm, これらの和であるローレンツ幅はガウス幅 15.8pm より小さい幅となった。水素スペクトル線は微細構造によりガウス幅がローレンツ幅 10.9pm より大きく現れた。ファンデアワールス幅 3.7pm とシュタルク幅 7.2pm であった。

図7は気圧 61.1kPa の場合, 上側は水素 656.3nm 下側はヘリウム 667.8nm の測定結果(黒線)とフィッティング曲線(赤線)はよく一致している。フィッティング曲線は気体温度 450K, 電子密度 10^{14} cm^{-3} である。ヘリウムではガウス成分が最も狭い広がりを示し, ローレンツ成分は中心波長から外れた領域に広く分布する。その増加の原因は共鳴幅の増加による。水素原子のドプラ幅と装置幅より定まるガウス成分の全半値幅には一定値 31.0pm を仮定した¹¹⁾。ローレンツ成分は 10.5kPa の場合より気圧に比例して広がり, ファンデアワールス幅の増加が主な原因である。

3.5 気体温度と電子密度の気圧依存性

次に、気体温度をヘリウムスペクトルの共鳴幅から求め、その気体温度から得られるファンデアワールス広がり幅と電子密度より求まるシュタルク幅より水素スペクトル線のフィッティングを行い、気体温度と電子密度について最適化した。その気圧依存性を図8に示す。放電電流 50mA 一定では気圧が高くなると気体温度は300K から100kPa では600K まで気圧に比例して増加した。電子密度は20kPa 以上で気圧とともに増加し、20kPa で $0.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ から $3.0 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ に増加した。20kPa 以下では気圧が低下すると電子密度は増加した。気圧が増すと電子または正イオンと気体分子の衝突数が増し気体分子の運動エネルギーは増加するため、気体温度は気圧増加とともに増加する⁴⁾。電子密度は気圧に比例して増加するが¹²⁾、20kPa 以下では水素分子とヘリウム準安定原子の衝突によるペニング衝突電離が盛んになったため電子密度が増加した⁷⁾。それに伴って準安定原子の減少を補うため放電維持電圧も増加したことが図3から確かめられる。

水素混合ヘリウムの水素の割合が1%であるのに対し放電開始電圧の気圧依存性は純ヘリウムのそれと比べ大きく異なった。他方、放電維持電圧は40kPa 以上では純ヘリウムの場合とほぼ等しくなった。この気圧範囲では放電特性が類似していることから、生成されたプラズマも純ヘリウムの場合と似てくると考えられる。一方、40kPa 以下では大きく異なることが考えられる。これは、今回測定した電子密度の気圧依存性を説明する。気体温度については気圧増加による衝突数の増加が決定的役割を果たしている。測定法の妥当性については純ヘリウムプラズマの気体温度と電子密度の測定結果を待たなければならない。

この報告では電子温度一定として電子密度を算出したが、シュタルク幅には電子温度の平方根に反比例する項が含まれている。しかしその影響はヘリウムの場合には比較的小さい。水素の場合、電子温度が40,000K になると電子密度は倍になる¹⁰⁾。3波長を使用して電子温度も同時に決定することが考えられるが、今後の課題である¹³⁾。

4. まとめ

ヘリウムと水素の発光スペクトルの解析から気体温度と電子密度を決定する。大気圧グロー放電の応用にはプラ

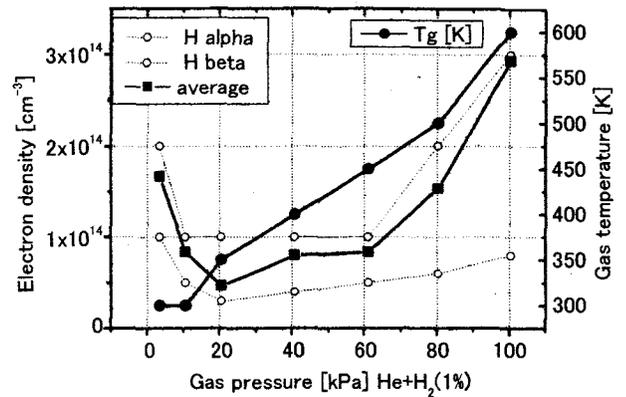


Figure 8 gas temperatures (circles) and electron densities (solid square) as a function of gas pressure, discharge current 50mA in gas mixture of helium and 1% hydrogen

図8 気体温度と電子密度の気圧依存性

ズマの気体温度が低い事が利点のひとつとされている。いろいろな電極構造をしたプラズマ生成装置の開発とともに生成されたプラズマの気体温度の測定が活発に行われている。高気圧では平均自由行程が短くプラズマの空間広がりも小さいためその診断には発光分光測定が使用される。気体温度が低いグロー放電では発光スペクトル線型の広がりのうちドブラー広がりから求めるには分解の大きな測定器が必要であるが、圧力広がりを利用すると低い気体温度で大きな広がり幅が観測されるためこれを利用した測定が進められている。ただし荷電粒子による圧力広がりとは中性気体分子の衝突によるそれとは同類のローレンツ広がりとして現れるためそれらの分離が必要となる。

参考文献

- 1) R. Foest a, M. Schmidt a, K. Becker; "Microplasmas, an emerging field of low-temperature plasma science and technology", International Journal of Mass Spectrometry **248** (2006) 87-102
- 2) K. H. Becker, K. H. Schoenbach, and J.G. Eden; (Topical review) Micro-plasmas and Applications, J. Phys. D Appl. Phys. **39**(2006) R55-R70]
- 3) S. Kanazawa, M. Kogoma, T. Morikawa and S. Okazaki; Proc. Japan Symp. Plasma Chemistry **3** 1839 (1987Tokyo)

- 4) M. Miclea, K. Kunze, U. Heitmann, S. Florek, J. Franzke and K. Niemax; "Diagnostics and application of the micro-hollow cathode discharge as an analytical plasma", J. Phys. D: Appl. Phys **38** (2005) pp1709-1715
- 5) 山崎勉; 大気圧ヘリウムグロー放電の気体温度の測定, 呉高専研究報告 vol.70 (2008) pp33-37
- 6) A. Ionascut-Nedelcescu, C. Carlons, U. Kogeischatz, D. V. Gravelie, and M. I. Bouios; "Calculation of the gas temperature in a throughflow atmospheric pressure dielectric barrier discharge torch by spectral line shape analysis", J. Appl. Phys. **103**, (2008)063305
- 7) J. Park, I. Henins, H. W. Herrmann, and G. S. Selwyn; Gas breakdown in an atmospheric pressure radio-frequency capacitive plasma source, J. Appl. Phys. **89**(1) (2001) pp15-19
- 8) C. Yubero a, M.S. Dimitrijevi b, M.C. García a, M.D. Calzada; Using the van der Waals broadening of the spectral atomic lines to measure the gas temperature of an argon microwave plasma at atmospheric pressure, Spectrochimica Acta Part **B62** (2007) 169–176
- 9) I. I. Sobelman, L. A. Vainshtein and E. A. Yukov: *Excitation of Atoms and Broadening of Spectral Lines*, Springer-Verlag (1981) p292
- 10) H. R. Griem; *Spectral Line Broadening by Plasmas*, Academic Press Inc. (1974) p97,p320, App. IV
- 11) E. Tatarova, F. M. Dias, C. M. Ferreira and N. Puac; Spectroscopic determination of H, He, and H₂ temperatures in a large-scale microwave plasma source, J. Appl. Phys. **101**(2007)063306
- 12) G. M. Petrov, and D. Zhechev; Electron energy distribution function and electron characteristics of conventional and micro hollow cathode discharges, Phys. Plasmas **9**(5) (2002) pp1815-1819
- 13) J Torres, J M Palomares, A Sola, J J A M van der Mullen and A Gamero; A Stark broadening method to determine simultaneously the electron temperature and density in high-pressure microwave plasmas, J. Phys. D: Appl. Phys. **40** (2007) 5929–5936

(平成21年4月15日受付)

不同沈下による損傷を有する低強度鉄筋コンクリート造の耐震性能

(建築学系分野) 寺岡 勝, 仁保 裕

Seismic Performance of an RC Structure with Low Strength Concrete Which Suffered Damages from Differential Settlement

(Faculty of Architecture and Structural Engineering) Masaru TERAOKA and Yutaka NIHO

ABSTRACT

This paper describes an evaluation of seismic performance of an RC structure with low strength concrete which suffered damages from differential settlement. In this study, at first stage, the differential settlement of the structure was evaluated with the related damages, at second stage, the test of four model frames considered the damages due to differential settlement has been done., and final stage, the influence of the damages on the structural seismic performance was examined by using the test results of model frames.

The following findings were obtained from this study:

- (1) Relative deformation angle of the five spans in the both end region of the structure is around 5×10^{-3} radian, so that a part of the frame members seem to have been reached to the yield conditions. The central spans of the structure suffered from only a slight damage.
- (2) Formula of Ohno-Arakawa used for seismic evaluation have trend to overestimate observed shear strength of columns.
- (3) The seismic performance of the structure is affected strongly by the differential settlement.

Keywords: RC structure; Low strength concrete; Differential settlement, Seismic performance, Frame test

鉄筋コンクリート構造, 低強度コンクリート, 不同沈下, 耐震性能, 骨組実験

§ 1 はじめに

鉄筋コンクリート構造(以下 RC 構造と略記)は不静定骨組であるから, 不同沈下により骨組に自己歪応力を生じる。脆性部材を含む RC 構造についての自己歪応力が, 耐震性能に与える影響の評価は, 現在までに行われていない^{1)~3)}。

本報告は, 低強度コンクリートを用い, かつ靱性性能の小さい柱部材を用いた RC 構造モデル骨組について, 自己歪応力による損傷が耐震性能に与える影響を実験的に検討すると共に, 自己歪応力(主として不同沈下)を受けた RC 構造物の耐震性能について検討した結果を示す。なお, 本研究の一部は文献 4) に発表している。

§ 2 地盤・構造物の概要

調査対象建物は, 呉市沿岸部埋立地に建設された 3 階建て

RC 造校舎である。1 階平面を図 1 に示す。埋立て層は約 3m で, その下に砂層が約 6m, 有機質粘土層が約 28m の層厚をなし, 地下約 37m で N 値が 50 以上の砂礫層に到達する。埋立て層および砂層の N 値は 10 前後である。粘土層は N 値がほぼ零で, 圧密沈下の原因となり, 昭和 39 年の埋立てから今日までに約 1.5m の沈下を生じている⁵⁾。

構造物は昭和 41 年 4 月に竣工したもので, その基礎は 6m の摩擦杭を併用したべた基礎である。柱断面の多くは 50cm x 50cm (1 階の一部に 60cm x 50cm を使用), 桁行方向の梁断面は, 地中梁が 40cm x 130cm, 2 階床梁が 30cm x 55cm, 3 階および屋上の床梁が 30cm x 50cm である。実験室の梁間方向の 2 階の梁断面は 40cm x 80cm であり, また小梁の断面は 25cm x 40cm, 床の厚さは 13cm である。コンクリートの設計基準強度は $F_c 180$ (kg/cm^2) である。補強筋は SR235 を使用している。

構造物は建設後から不同沈下および部材の乾燥収縮が進み、外壁などに多くのひび割れを生じ、昭和49年には雨漏り対策として外壁塗装工事、平成3年には屋上防水工事が行われた。平成14年には鉄骨枠組付K型ブレースによる耐震補強を行い、併せて1階の実験室内部を除いて、教室、廊下などの室内外の仕上げの改修を行い継続使用をしている。耐震補強時には、一部のたれ壁、腰壁および袖壁にスリットを設けて柱の脆性破壊を極力排除するようにしている。なお、耐震診断時のコンクリートの抜き取りコアの圧縮強度は、1階で11.8 (N/mm²)、2階で16.5 (N/mm²)、3階で15.9 (N/mm²)であり(各3本平均)、設計基準強度を下回っている。

図2に不同沈下量を示す。不同沈下は、典型的な中窪み型であった。図3に、相対沈下から求めた柱間の相対変形角を示す。柱間相対変形角は、桁行き方向の両端の各5スパンで5/1000 rad.前後となっており、骨組の一部の部材が降伏していることが推察され、また中央部5スパンでは、2/1000 rad.前後となっており、損傷の小さいことが推察される。

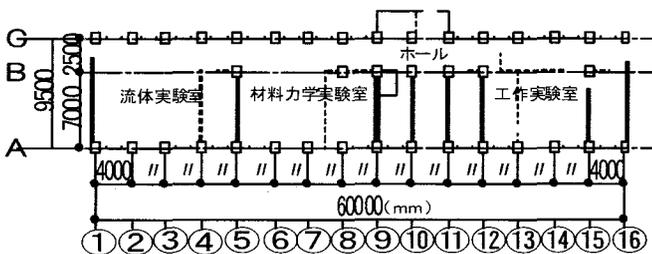


Fig. 1 Plan of 1st floor

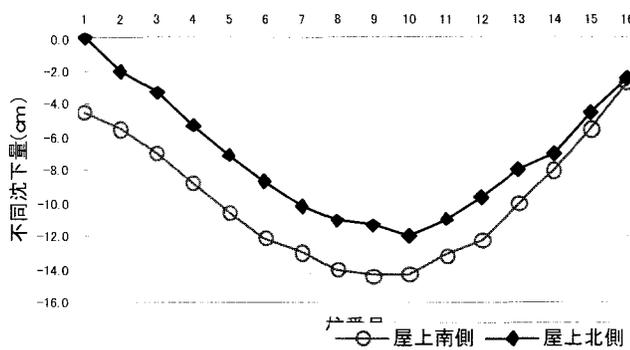


Fig. 2 Measured differential settlement curves

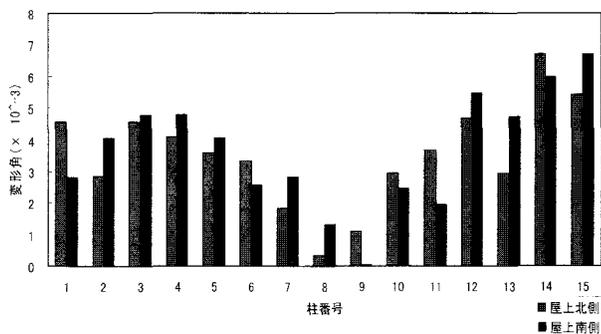


Fig. 3 Relative deformation angle between each span

§3 実験概要

3.1 試験体

試験体は、実物の約 1/3.3 寸法模型の 4 体である。表 1 に、試験体諸元を示す。図 5 に、試験体形状・寸法および配筋詳細を示す。骨組モデルの柱・梁部材は、対象構造物の柱・梁のコンクリートおよび配筋を模擬して、比較的低強度のコンクリートを用い、且つ横補強筋の少ない部材で作成した。試験体は、全て同じ寸法で、No. 4 のみ柱の横補強筋を変えている。自己歪応力導入時の柱の変形角は、試験体 No. 1 がゼロ、No. 2 が 1/400rad.、No. 3 および No. 4 が 1/200rad.、とした。即ち、No. 1 ~ No. 3 は、自己歪応力レベルの違いが骨組の耐震性能に与える影響を検討するための試験体である。No. 2 は検討対象構造物の中央部 5 スパンに対応した試験体で、No. 3 は検討対象構造物の両端部 5 スパンに対応した試験体である。No. 3 と No. 4 は骨組に一定の自己歪が生じた場合に、柱部材の靱性性能が骨組の耐震性能に与える影響を検討するための試験体である。

表 2 および表 3 に、コンクリートおよび鉄筋の力学的性質を示す。

Table 1 Cross-sectional properties of specimens

試験体番号	自己歪導入時柱変形角 (rad.)	柱断面	柱主筋	柱横補強筋
No. 1	0	150 × 150 (mm × mm)	12-D6 (ρ _g =1.70%)	2.6φ@85
No. 2	1/400			
No. 3	1/200			
No. 4	1/200			

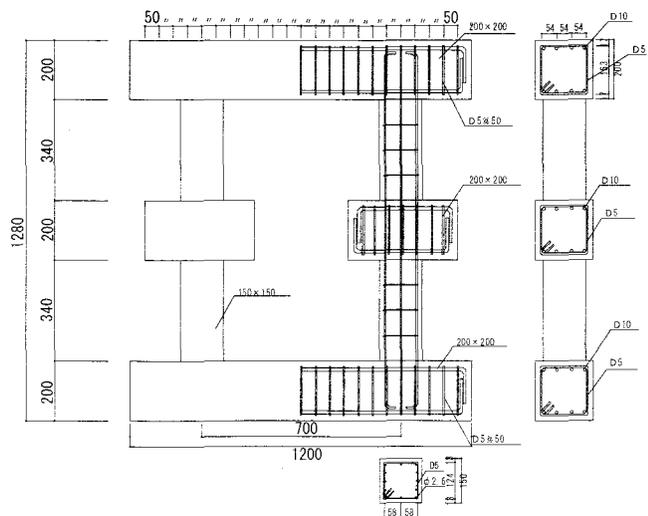


Fig. 4 Test specimen and reinforcement (unit: mm)

Table 2 Mechanical properties of concrete

σ_B (N/mm ²)	ヤング係数 ($\times 10^{-6}$ N/mm ²)	ϵ_B ($\times 10^{-6}$)	割裂引張強度 (N/mm ²)
10.3	1.45	2031	1.25

Table 3 Mechanical properties of reinforcing bars

種類	降伏点 (N/mm ²)	ヤング係数 ($\times 10^6$ N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
D10	322	1.63	474	28
D6	421	1.72	592 <td>17</td>	17
$\phi 2.6$	887	2.00	925	10

3.2 実験計画

図5に、荷重装置を示す。図6に荷重方法を、また図7に柱変位の測定方法を示す。

荷重は、最初に表1中に示した自己歪を中央のジャッキで加えた。その後、地震荷重を模擬した漸増繰り返し水平荷重は、自己歪を一定に保ちながら、左・右のジャッキを用いて行った。繰り返しの振幅は、自己歪荷重を終了した変位を基点として、柱の部材角で、1/2000、1/1000、1/500、1/200、0.75/100、1/100、1/50 rad.で行い、最後に1/30 rad.を超える変形まで荷重した。変形は、各柱脚の柱頭に対する相対変位を試験体表裏に取り付けた変位計を用いて測定した。各柱中央のコンクリート表面には、ロゼットゲージを添付し、また柱主筋及び横補強筋に歪ゲージを添付して歪を測定した。

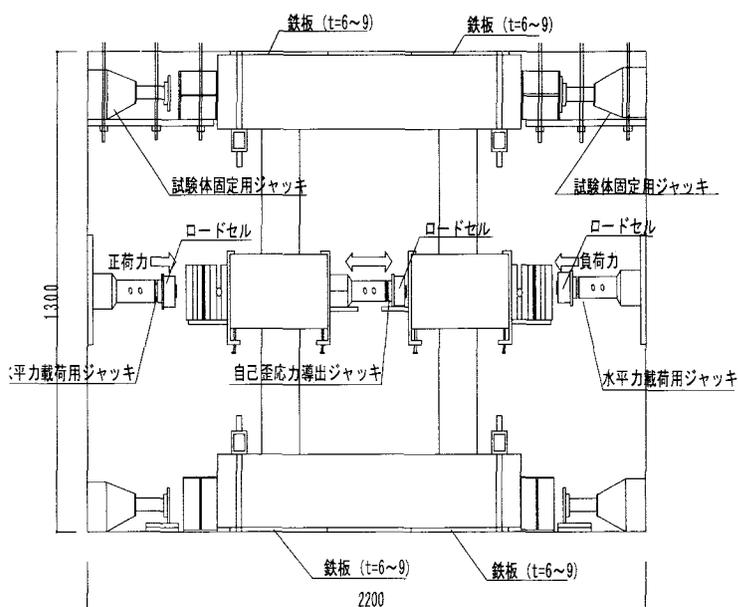


Fig.5 Test setup

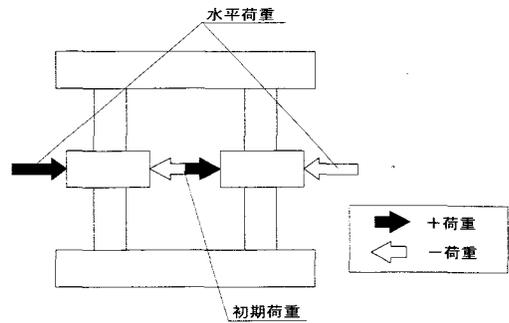


Fig.6 Loading system

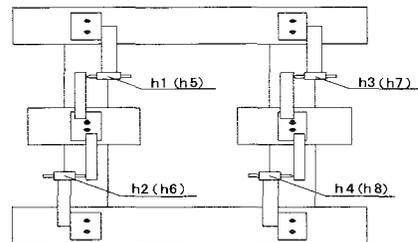


Fig.7 Measurement method of lateral displacement in columns

§4 実験結果

4.1 自己歪応力導入時状況

図8に、自己歪導入時のひび割れ状況を示す。自己歪応力は、試験体No.2が37、6kN、試験体No.3が52.8kN、試験体No.4が53.6kNであり、No.2では柱に少しせん断ひび割れおよび曲げひび割れを生じたのに対して、No.3及びNo.4では柱により多くのせん断および曲げひび割れを生じた。なお、No.1は、自己歪導入ジャッキの安定のために、4.7kNを水平荷重に先立ち加えた。

4.2 自己歪応力が骨組の性能に与える影響

図9に、水平荷重—柱部材角関係履歴曲線を示す。図10に、実験終了時のひび割れ破壊状況を示す。表4に、最大荷重と4本の柱の曲げおよびせん断の終局耐力の計算値(4本の柱の合計)とを比較して示す。その際、曲げ終局耐力は建築学会の略算式、せん断終局耐力は大野・荒川式によった。

図9に見られるように、いずれの試験体共にスリップの性状を多く含む履歴曲線を示している。試験体No.1の正側加力時を除き、耐力的には安定した履歴特性を示している。いずれの試験体共に正側加力時では、3/100rad.以上、負側加力時では2/100rad.程度まで100kNをほぼ維持する靱性に富む性状を示すが、自己歪応力の大きい試験体ほど、1/500rad.から1/100rad.に至る過程で履歴曲線が乱れ、且つ剛性が低くなる傾向が見られる。横補強筋の多いNo.4は、横補強筋が少ない試験体に比べて耐力・変形能力共に優れた性状を示している。

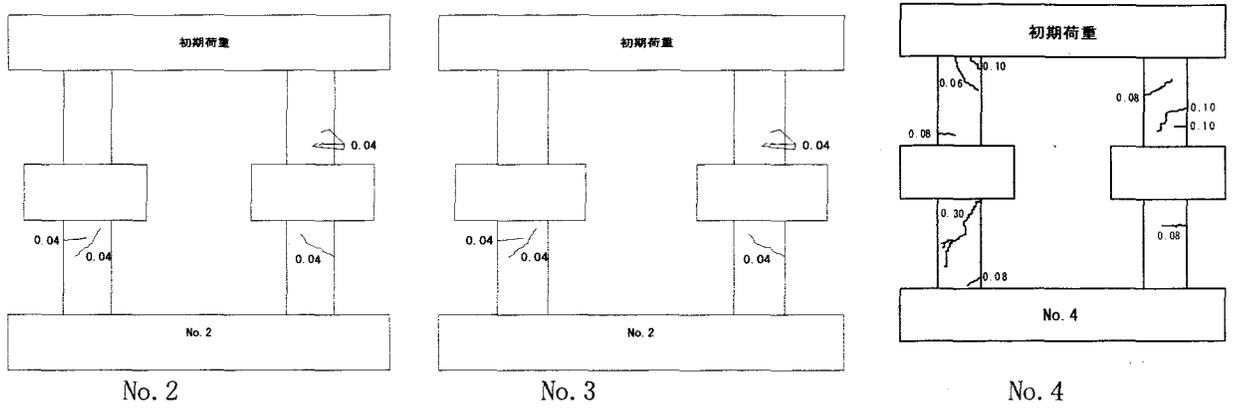


Fig.8 Observed damages of columns at end of self strain stresses

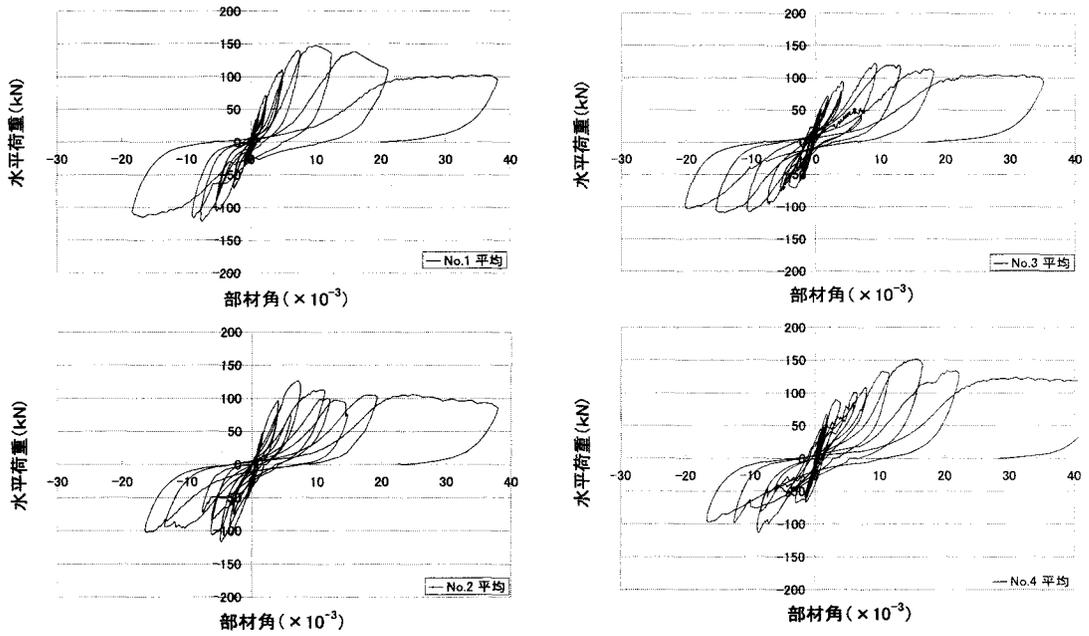


Fig.9 Lateral load - drift angle relation

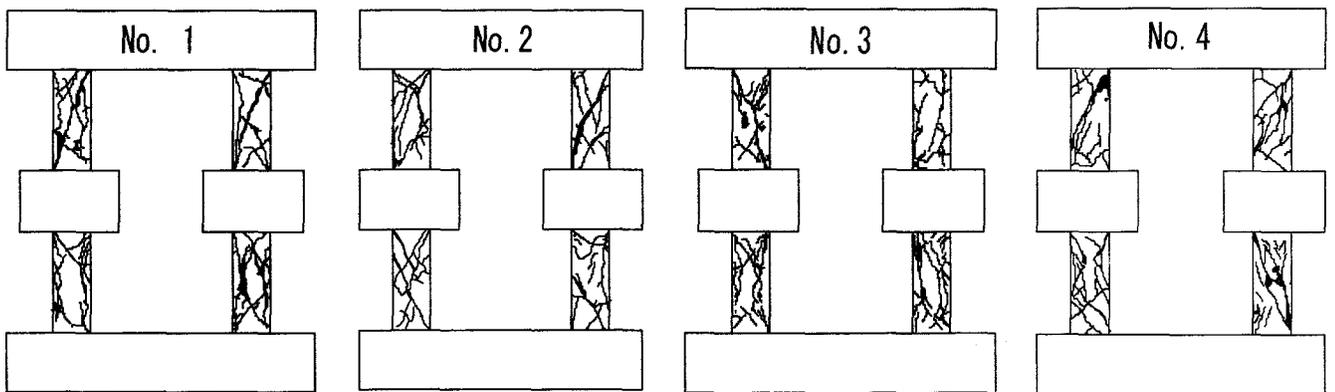


Fig.10 Observed damage of columns at end of test

Table4 Maximum load of test frames

試験体	最大荷重 (kN)		終局耐力計算値 (kN) (柱4本分)		最大荷重/ Q_u	
	正	負	曲げ終局 Q_{mu}	せん断終局 Q_{su}	正	負
No. 1	147	120	190	170	0.86	0.71
No. 2	126	117	190	170	0.74	0.69
No. 3	122	120	190	170	0.72	0.71
No. 4	152	112	190	221	0.80	0.59

4.3 自己歪応力が柱の性能に与える影響

図 11 に、柱の荷重-部材変形関係履歴曲線例を示す。荷重は、上下の柱の持分が分離できないために、上下2本の合計値を用いた。図 12 に、北側及び南側の柱のそれぞれの正側荷重時について、荷重-部材変形角関係履歴曲線の包絡曲線を示す。表 5 に、北側柱および南側柱の最大水平荷重を示す。表中には、南・北の柱のそれぞれについて正側荷重と負

側荷重との差も併せて示す。表 6 に、自己歪応力の柱最大荷重への影響の比較を示す。

荷重-部材変形関係履歴曲線は、自己歪の有無に関わらず、低強度コンクリートを用いた特性のスリップ性状を示している。これは、先に見たように主筋の付着割裂破壊の影響である。

自己歪のレベルが、柱の復元力特性に与える影響に関して、自己歪の大きさに依存して、正側、負側の復元力特性が著しく異なっている。即ち、負の自己歪を受けた柱では、正側加力時の最大荷重が大きくなり負側加力時の最大荷重が小さくなっている。一方、正の自己歪を受けた柱では、正側加力時の最大荷重が小さくなり、負側加力時の最大荷重が大きくなっている。

表 5 および 6 に示すように、最大荷重の正負荷重差、負側の自己歪を受ける柱の最大荷重および正側の自己歪を受ける柱の最大荷重は、共に自己歪の大きさに依存して、影響度が大きくなっている。同じ断面諸元を持つ No.1 から No.3 の比較では、自己歪が大きい試験体ほど、耐震性能が悪くなっている。横補強筋の多い No.4 は、横補強筋の少ない No.3 に比べて耐震性能が良い。

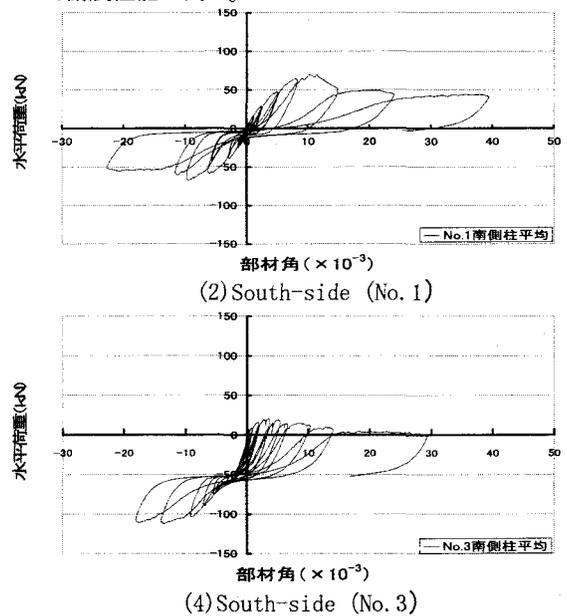
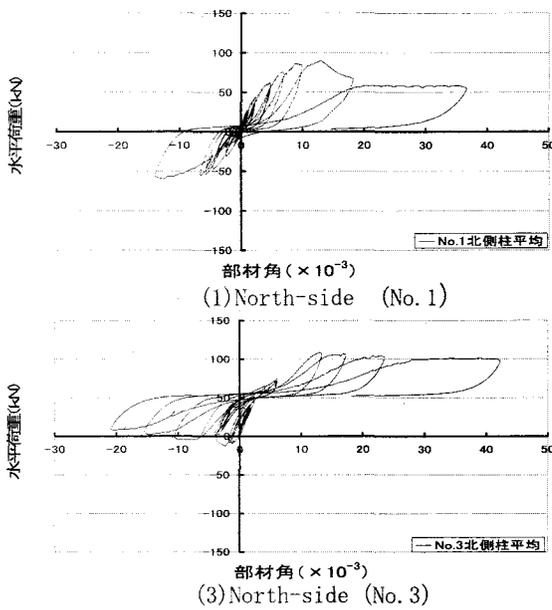


Fig.11 Lateral load - drift angle relation of columns

Table5 Maximum load of south and north columns

試験体	南柱最大水平荷重 (kN)			北柱最大水平荷重 (kN)			正負荷重差平均値 (kN)
	正	負	正負荷重差	正	負	正負荷重差	
No. 1	74	62	136	85	64	149	142.5
No. 2	28	109	137	101	27	128	132.5
No. 3	18	107	125	108	11	119	122
No. 4	34	119	153	122	42	163	158

Table6 Influence of self strain stresses for maximum load of columns

試験体	自己歪負側平均値 (kN)	自己歪正側平均値 (kN)	No. 1 に対する比		
			荷重差	自己歪負側	自己歪正側
No. 1	73.5	69	1.0	1.0	1.0
No. 2	105	27.5	0.93	1.42	0.40
No. 3	108	14.5	0.86	1.46	0.21
No. 4	121	38.0	1.11	1.65	0.55

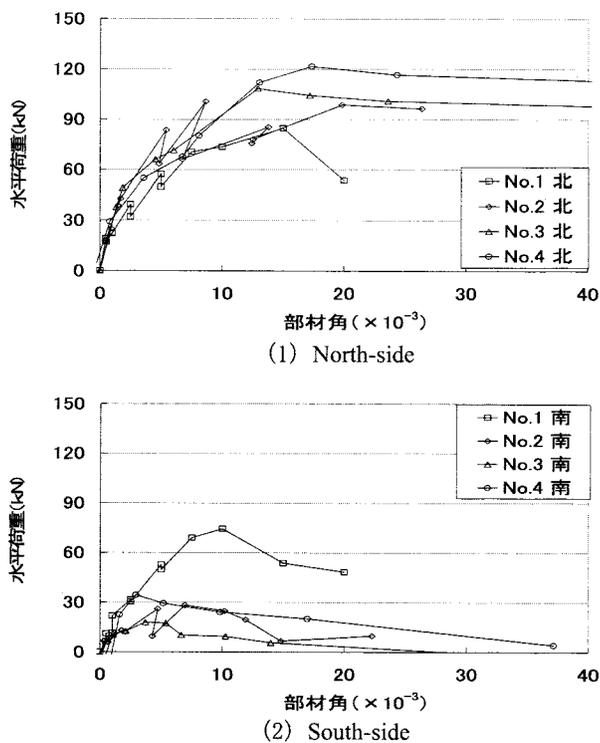


Fig.12 Skeleton curves of positive lateral load - drift angle relation of columns

§5 骨組の耐震性評価

図13に、§2で示した対象構造物について、実験で得られた復元力特性を基に、自己歪応力の有無による荷重-部材角包絡線を比較して示す。その際、部材寸法比(3.3)、大野・荒川式を基にしたせん断耐力に与える寸法比(0.72)、およびせん断スパンの平均値による低減(0.8)をそれぞれ考慮した $(3.3)^2 \times 0.72 \times 0.8 = 6.27$ 。自己歪応力の無い場合は、No.1の特性に対して柱32本分の6.27倍、自己歪応力のある場合は、両側5スパン分をNo.3(22本分)、中央5スパンをNo.2(10本分)の特性を考慮し6.27倍して求めた。

この結果、靱性性能に乏しい部材で構成され、且つ自己歪応力を有する構造物は自己歪応力の無い構造物に比べて、耐力が約80%になっており、自己歪応力の影響の大きいことがわかる。

§6 まとめ

低強度コンクリートを用い、かつ靱性性能の小さい部材を用いたRC構造骨組モデルについて、自己歪応力による損傷を調べると共に、その損傷が耐震性能に与える影響を実験的に検討すると共に、自己歪応力(主として不同沈下)による損傷を受けた既存構造物の耐震性能を検討した結果、以下のことが知れた。

① 低強度コンクリートを用いた柱の曲げおよびせん断の終局耐力は、既往の評価式では過大な評価になることが知れた。

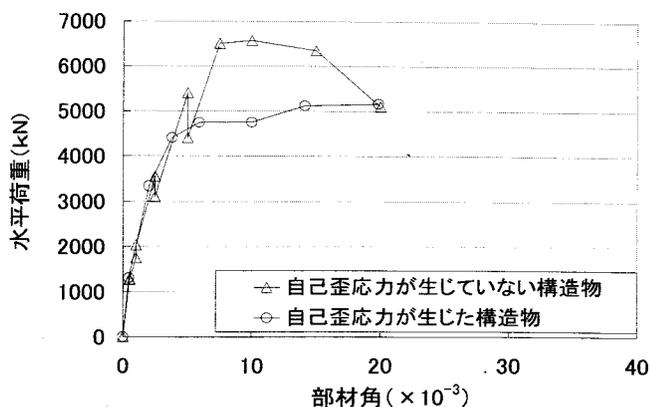


Fig.13 Influence of self strain stresses for horizontal load - drift angle relation in the structure

- ② 自己歪応力は、骨組の耐震性能に影響を与える。影響度合は、自己歪応力が大きいほど、大きくなる。
- ③ 自己歪が骨組の耐震性能に与える影響は、部材の靱性性能により異なる。靱性性能に劣る部材で構成される骨組の耐震性能は、靱性性能に優れる部材で構成される骨組の耐震性能に比べて、自己歪応力による損傷の影響をより顕著にうける。

謝辞

本研究の一部は、平成19年度科学研究費補助金(基盤C)(研究代表 寺岡勝、課題番号:19560588)、平成18年度(財)大林都市研究振興財団(研究代表者 寺岡勝)によった。また、本研究を進めるにあたって 呉工業高等専門学校 平成19年度本科5年学生 川手康大、遠山誉、根角知志、藤井康平、松本一輝各氏の多大の助力を得た。関係各位に深謝します。

参考文献

- 1) 武藤清著:鉄筋コンクリート構造物の塑性設計, 10章 鉄筋コンクリートの自己歪, 11章 自己歪ラーメン, 丸善, 1964.8.
- 2) 狩野芳一著:鉄筋コンクリート構造の設計, 1. 構造設計の基礎知識, 丸善, 1975.1.
- 3) 寺岡 勝, 福原安洋:自己歪応力によるあるRC構造物の損傷の調査および検討, 日本コンクリート工学年次論文集, 第28巻, 第2号, pp.497-502, 2007.
- 4) 寺岡 勝, 福原安洋, 仁保 裕, 谷岡洋介:自己歪応力による損傷を有する低強度RC造建築物の耐震性評価:日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.1-4, 2008年9月
- 5) 西村光正, 芳賀保夫:呉高専における地盤沈下と建物の不同沈下について:呉高専35周年記念学術論文集, 2000年, pp.129-138

自己歪応力による既存鋼構造物の損傷調査とその損傷が鋼構造物の 耐震性能に及ぼす影響の評価

(建築学系分野) 寺岡 勝, 仁保 裕
(呉高専名誉教授) 福原安洋
(専攻科建設工学専攻) 川手康大

Investigation of Damage Conditions in Existing Steel Structures Due to Self-strain Stresses and Estimation of Influence of the Damage Conditions on Earthquake Resistant Performance of the Steel Structures

(Faculty of Architecture and Structural Engineering) Masaru TERAOKA and Yutaka NIHO
(Professor Emeritus of KNCT) Yasuhiro FUKUHARA
(Advanced Architecture and Civil Engineering Course) Kodai KAWATE

ABSTRACT

This paper describes the investigation of damage conditions in existing steel structures due to self-strain stresses and estimation of influence of such damage conditions on earthquake resistant performance of the steel structures. In this study, the following four items are presented concretely. ; a) investigation of damage conditions due to differential settlement in existing two steel frame structures with braces, b) estimation of influence of damages due to differential settlement on the earthquake resistant performance in the existing steel structure, c) estimation of influence of thermal stresses on the earthquake resistant performance in the existing steel structure, d) tests on the steel model frame of such structures with self-strain stresses, and on the brace-end details.

The following findings were obtained from this study:

- 1) The great damage due to differential settlement in existing two steel frame structures with braces was found out.
- 2) The earthquake resistant performance of the steel frame structures with braces is affected strongly by the damage due to self-strain stresses (differential settlements and thermal stresses)
- 3) The structural performance of the braces is affected strongly by the braces-end details.

Key Words : existing steel structure, self-strain stress, , damage, earthquake resistant performance

既存鋼構造物, 自己歪応力, 損傷, 耐震性能

§1 はじめに

昭和40年前後に、沿岸部埋め立ての軟弱地盤に多くの鋼構造物が建設された。これらの構造物は主として地盤の粘土層の厚密沈下により軸組ブレースに少なからず損傷を生じた。その損傷は、2001年芸予地震による損傷に影響を与え、

結果として被害の増大を生じた。

本研究は、このような背景を基に計画したもので、自己歪応力(主として不同沈下および温度応力)を受けたブレース付き鋼構造物の耐震診断・耐震補強方法の資料を得ることを目的とする。

本報告では、①軟弱地盤に建つ2棟の軸組ブレース付き鋼構造物について、自己歪応力(主として不同沈下, 温度応力)による損傷の調査, ②不同沈下を受けたブレース付き骨組の耐震性能評価, ③温度応力を受けたブレース付き骨組の耐震性能評価, および④自己歪応力を受けたブレース付き骨組耐震性能検討実験およびブレースの端部取付詳細の検討実験, の4つの項目について行った結果を示す。本報告の一部は、文献1)~4)に発表している。

§2 自己歪応力による軸組ブレース付鋼構造物の損傷調査

軟弱地盤上に昭和41年に建設された2棟の鋼構造物について、自己歪応力(主として不同沈下と温度応力)による損傷調査, および検討を行った結果を示す。

2.1 調査構造物の概要

調査した2棟の構造物(体育館および工場)は、ブレース付き骨組である。調査した構造物について、図1, 図2にそれぞれ示す。図中には、柱番号およびスパン番号を示す。両構造物共に、基礎は独立基礎である。

構造物は、いずれも桁行き方向が層状を形成していないブレース付き骨組であり、梁間方向が山形ラーメンである。使用鋼材は、SS400クラスである。

体育館は、1層の鉄筋コンクリートラーメン構造(地上3,170mm)の上に、アングルをリベットで接合して形成したトラス材によるラーメン構造により構成され、桁行き方向は両端部スパンにアングル材によるブレースを配置して補強している。なお、山型ラーメン角部には、トラス材による耐風梁を桁行き方向に配している。

工場は、梁間方向にテーパ付きのH形鋼で山形ラーメンを配し、その角部にリップ溝形鋼の梁を桁行き方向に配し、丸鋼によるブレースで補強している。

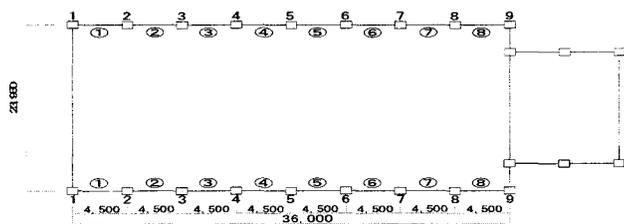


Fig. 1 (a) Plan of gymnasium

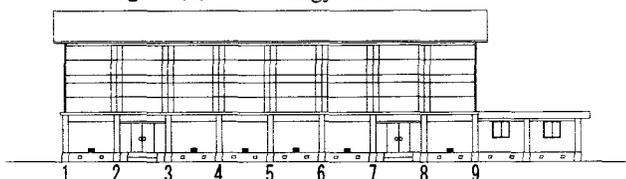


Fig. 1 (b) South-side elevation of gymnasium

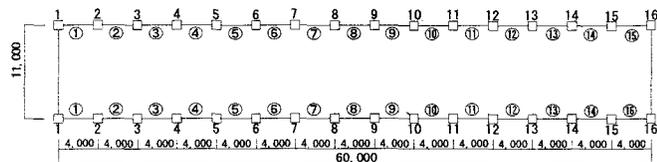


Fig. 2 (a) Plan of factory

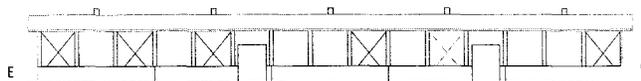


Fig. 2 (b) North-side elevation of factory

2.2 地盤の概要

両構造物は同じ敷地内に立てられている。地盤の状況は、上部砂礫層が9.4mの厚さで、その下に有機質粘土層が約28mの層をなし、そこから下はN値50以上の砂礫層となっている。上部砂礫層のうち上部3mは埋立て層で、埋め立て層及び砂層のN値は10前後である。粘土層のN値はほとんどゼロの極めて軟弱な地層であり、圧密沈下の原因となっている。粘土層の圧密により、埋立て時から今日までに約1.5mの地盤沈下を生じている⁵⁾。

2.3 調査の方法

両構造物の不同沈下とブレースの損傷状況の調査を行うと共に、体育館の桁行き方向のブレースの中で最も損傷の大きいブレース一箇所について温度応力による歪の変動を夏から冬にかけて測定をした。不同沈下量の測定は、建設当初水平だったと思われる体育館の南側と北側の構面についてRC梁上部で、また工場については構面の床面で行った。測定値には誤差が含まれるが、不同沈下量の大きさに比べるとその誤差は小さいものと思われる。

2.4 調査の結果

2.4.1 体育館の調査結果

図3に、体育館の南側および北側構面について不同沈下の測定結果を示す。不同沈下量は南側構面で最大3cm、北側構面で最大10cmとなっており、また南北の構面で5~9cm北側に傾いている。最大相対沈下量は、南側構面で約2.5cm、北側構面で約1.2cmである。

写真1に、体育館の南側構面の第1スパン(南西部)のブレースの損傷状況を示す。同写真(a)は、ブレースの座屈状況を示し、(b)はブレース交差部における引張ブレース接合部のリベット孔位置での亀裂状況を示す。ブレースの座屈は、上記の第1スパンを除いて顕著ではない。ブレース接合部の損傷は、2001年の芸予地震の影響で増大したことが記録されている。従って、不同沈下に伴う損傷は結果的に耐震性に影響を与えることが分る。

図4に、写真1に示したブレースについて温度による歪履歴を示す。ブレースの歪履歴は温度により影響を受けるが、その影響度合いはX型の接合端部に比べて交差部で大きくなっている。最大で200 μ /日程度の変動を生じている。

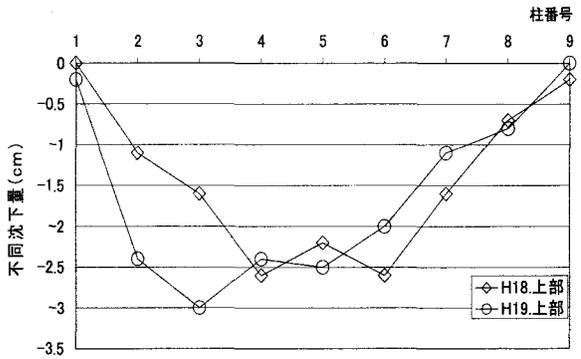


Fig. 3(a) Measured differential settlement curves in gymnasium (South-side)

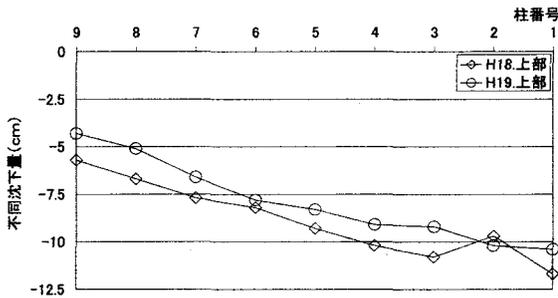


Fig. 3(b) Measured differential settlement curves in gymnasium (North-side)

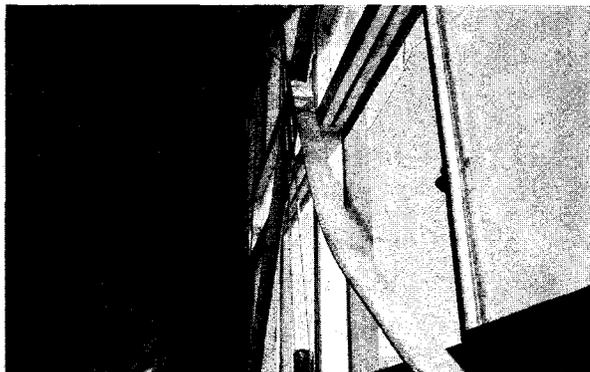


Photo 1 (a) Buckling condition of brace in gymnasium



Photo 1 (b) Brace damage condition of in gymnasium

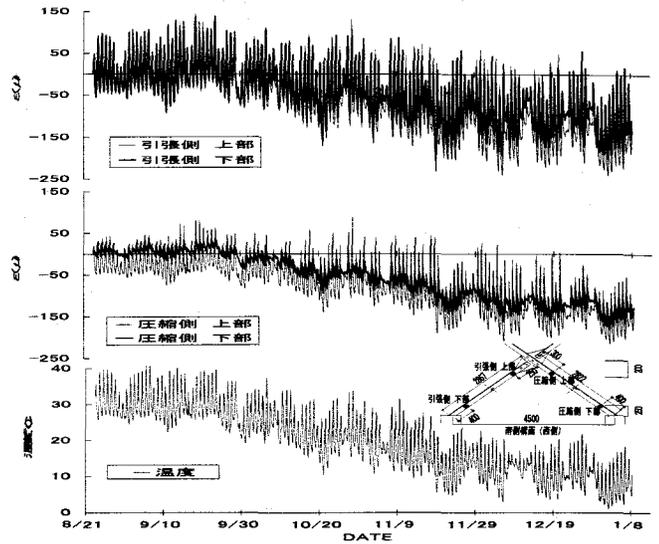


Fig. 4 Strain hysteresis of brace due to temperature in gymnasium

2.4.2 工場の調査結果

図5に、工場の不同沈下測定結果を示す。不同沈下量の最大値は、約14cmになっている。最大相対沈下量は、南側構面で約8cm、北側構面で約14cmとなっている。

写真2に、北面東端部スパンのブレースの状況を示す。相対沈下により、圧縮を受けたブレースが大きく座屈している状況が見られる。この工場では過去に、ブレースの接合端部のボルトが破断した被害が報告されている。そのため1度はブレースを取り替える処置も施されたが、その後も不同沈下が進行し、写真に見られるように、現在のブレースも座屈している。

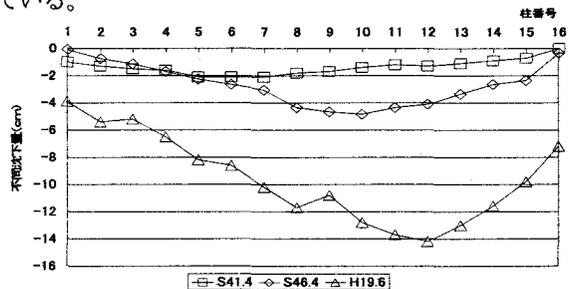


Fig. 5 (a) Measured differential settlement curves in factory (South-side)

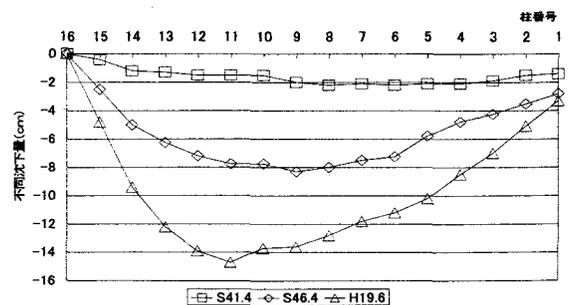


Fig. 5 (a) Measured differential settlement curves in factory (North-side)

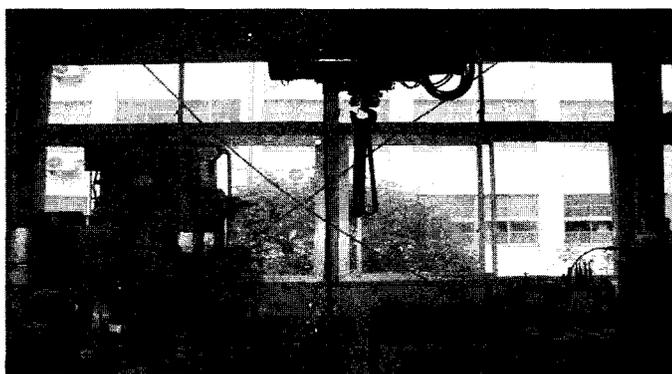


Photo2 Brace condition in factory

2.5 不同沈下に伴う相対沈下量による引張ブレースの応力

不同沈下量の測定結果から求めた各スパン間の相対沈下量による両構造物のブレースに生じている歪度を求め、引張応力度のレベルを検討する。応力計算の方法は、構成しているブレースから図6に示すような1スパン分のブレースを取り出し、柱間の相対沈下量差を用いて幾何学的に算出する^{付1)}。実際には日射や温度差による温度応力による伸縮の影響があるが、今回はスパン間の相対沈下量の結果のみを用いて算出する。

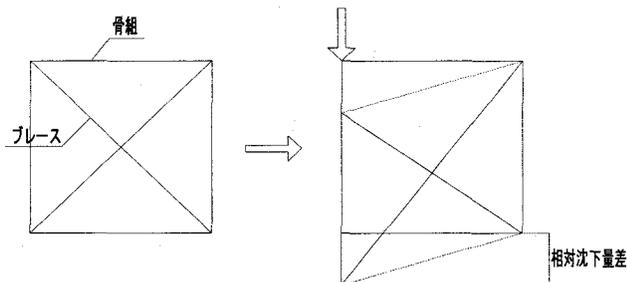


Fig. 6 Relation between relative settlement and brace deformation

2.5.1 体育館のブレースについて

体育館について、柱間の相対変形角の絶対量のグラフを図7に示す(スパン番号は図1を参照)。柱間の相対変形角は、南側構面では柱番号1-2間[第1スパン]が最も大きく約5/1000rad. になっている。その他のスパンでは2/1000rad. より小さい変形角となっている。

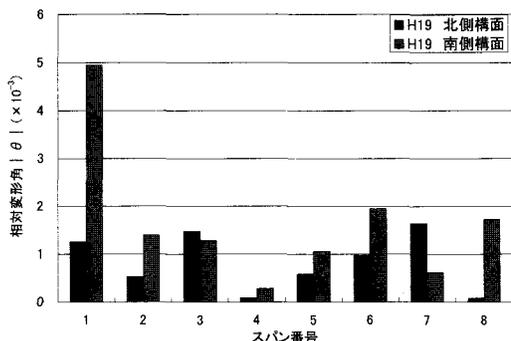


Fig. 7 Relative deformation angle between each span in gymnasium

ブレース応力の検討は、相対変形角の最も大きい南側構面の第1スパンのブレースを対象とする。この引張ブレースの歪度(ϵ)を計算した結果、 $\epsilon = 2.45 \times 10^{-3}$ 、SS400材の規格降伏点の歪度($\epsilon = 1.15 \times 10^{-3}$)の2.12倍であることが解った。

歪度から得られる応力度は、降伏点を大きく超えており、南側のブレースが2001年の芸予地震の影響で破断状態に至ったことが理解できる。なお、その他の引張ブレースの歪度は、 8.9×10^{-4} 以下であり降伏には至っていない。

2.5.2 工場のブレースについて

(1) ボルト孔の余裕を顧慮しない場合のブレースの歪

図8に、工場の柱間の相対変形角の絶対量のグラフを示す(スパン番号は図2参照)。この構造物では、北側構面のスパン14および15では相対変形角が1/100rad.を超えており、また南側構面のスパン15では相対変形角が7/1000rad.となっている。この相対変形角によるスパン15の引張ブレースの歪度は、北側構面で $\epsilon = 5.74 \times 10^{-3}$ 、南側構面で $\epsilon = 3.26 \times 10^{-3}$ となり、SR235の降伏歪 [1.15×10^{-3}]の5倍および2.83倍とそれぞれなっている。これらの値は、降伏点を超えている。このことから、過去にこの工場のブレースの接合端部のボルトが破断した被害があったことが理解できる。なお、この構造物では先述したように過去にボルト取替えやブレース長調整等の補修が行われた可能性がある^{注1)}。しかしながら、過去の補修によりブレースのひずみがどの程度変化したかは定かではないため、便宜的ではあるが先に述べた方法に従って引張ブレースのひずみを計算した。従って、本報で示す引張ブレースのひずみ値は参考値であり、実際のひずみ値と異なる。

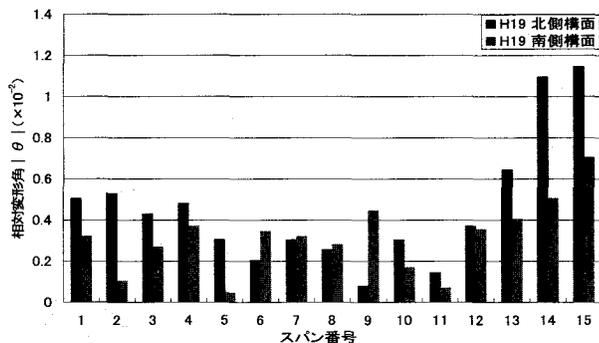


Fig. 8 Relative deformation angle in each span in factory

(2) ボルト孔の余裕を考慮した場合のブレースの歪

先に述べた方法に従って計算した南側構面の引張ブレースのひずみを図9(a)に示す。ただし、図9(a)のひずみ値はボルト孔の余裕(=1mm)⁶⁾をひずみに換算した値(=0.17 × 10⁻³)をさし引いた値である。ひずみはスパン①では1.31 × 10⁻³、スパン⑮では3.09 × 10⁻³となり、SS400の規格降伏点時のひずみ(1.15 × 10⁻³)に対して、それぞれ、約1.1倍、

約 2.7 倍となる。

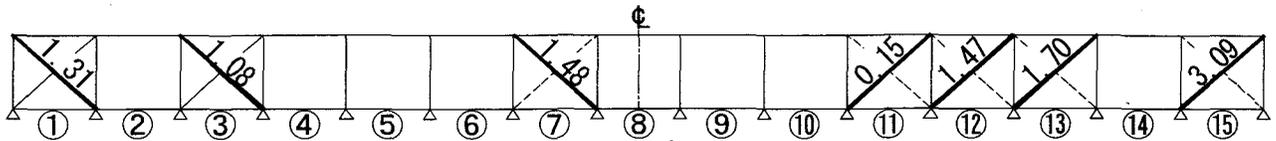


Fig. 9(a) Tensile strain of braces in south side frame [$\times 10^{-3}$] (Broken lines : Braces in buckling condition)

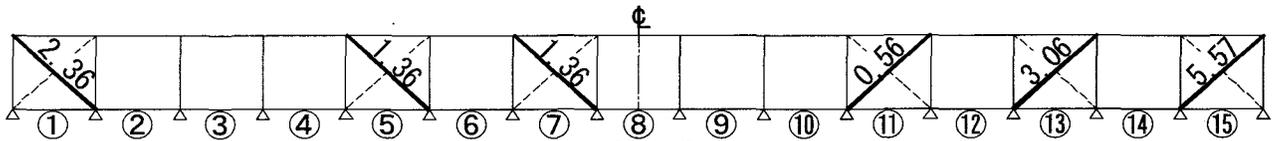


Fig. 9(b) Tensile strain of braces in south side frame [$\times 10^{-3}$] (Broken lines : Braces in buckling condition)

図 9(b)に北側構面の引張ブレースのひずみを示す。図 9(b)においても図 9(a)と同様、ボルト孔の余裕分を差し引いて計算した値を示している。

ひずみはスパン①では 2.36×10^{-3} 、スパン⑬では 5.57×10^{-3} となり、SS400の規格降伏点時のひずみに対して、それぞれ、約 2.1 倍、約 4.8 倍となる。

2.6 調査構造物の耐震性能に関する検討

調査構造物に東向きの水平力がはたらく場合、スパン⑫、⑬、および、⑮の引張ブレースは、不同沈下により引張降伏しており、剛性はゼロである(図 10の(a)参照)。スパン⑪の引張ブレースには不同沈下により初期張力が働いており、見かけ上の降伏軸力は低下している(図 10の(b)参照)。また、スパン①、③、⑤、および、⑦の引張ブレースは不同沈下により座屈しているため、剛性はゼロである。よって、不同沈下によるブレースのひずみが調査構造物軸組の耐震性能に影響していると考えられる。

以上より、不同沈下に基づいて計算したブレースのひずみが南北両構面軸組の水平剛性 K および保有水平耐力 Q_y に与える影響を分析する。

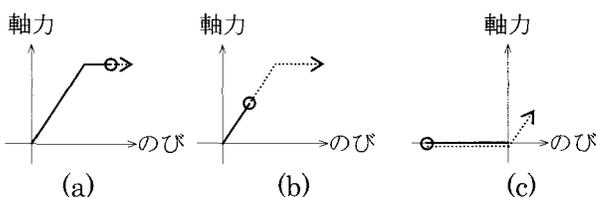


Fig. 10 Restoring force characteristics of braces with self-strain stresses

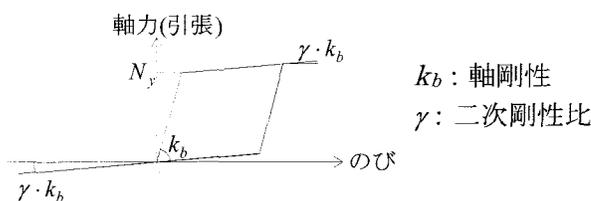


Fig. 11 Restoring force characteristics of brace

軸組の水平剛性 K および保有水平耐力 Q_y の計算にあたり、不同沈下およびそれによる荷重の偏心は考慮しない。また、幾何線形を仮定する。つなぎ梁は剛体と仮定する。計算では柱脚部の根巻きは無視し柱はトラス材とする。ブレースの復元力特性は図 11 に示すものとする。ただし、二次剛性比 $\gamma = 0$ とする。ひずみの影響は降伏軸力を低減させることにより考慮する。つまり、ブレースの降伏軸力として、材料固有の降伏点より求めた降伏軸力から初期張力を除いた見かけの降伏軸力を用いる。以上の仮定に基づけば、南北両構面の軸組は図 12 のように置き換えられる^{注2)}。図 12 の軸組の初期剛性 K および保有水平耐力 Q_y の計算結果を表 1 に、荷重-変位曲線を図 13 に示す。

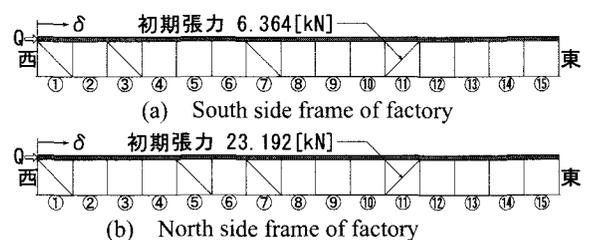


Fig. 12 Frame model for calculating K and Q_y ^{Note2)}

Table 1 Initial stiffness K and yield capacity Q_y of the frame

	南側構面		北側構面	
	施工当時	現在	施工当時	現在
K [kN/mm]	25.61	14.63	21.95	14.63
Q_y [kN]	239.2	129.2	200.5	119.1

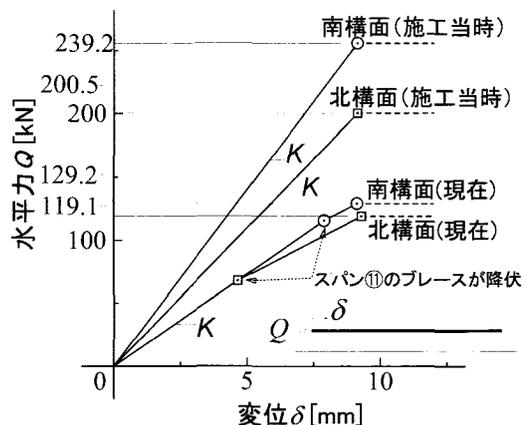


Fig. 13 Load-displacement relation of the frame

図 13 より、北構面（現在）と南構面（現在）の荷重-変位曲線において、途中剛性が若干低下するが、これはスパン⑩のブレースが降伏したためである^(付2)。

表 1 によれば、南側構面では施工当時よりも K は 45%、 Q_y は 43%、それぞれ、減じたと判断できる。また、北側構面では、 K は 33%、 Q_y は 41%、それぞれ、減じたと判断できる。以上の結果をまとめれば、不同沈下により発生したブレースのひずみにより、調査構造物軸組の水平剛性 K と保有水平耐力 Q_y は、施工当時よりも、大きく低下している可能性がある。

§ 3 不同沈下を受けたブレース付き骨組（工場）の耐震性評価

不同沈下によるブレースのひずみが工場の南側構面軸組および北側構面軸組それぞれの動的応答に与える影響を動的解析結果に基づき分析する。不同沈下による偏心も軸組の動的応答に影響を及ぼすと考えられるが、本研究では不同沈下によるブレースのひずみが及ぼす影響のみに注目する。

3.1 解析手法

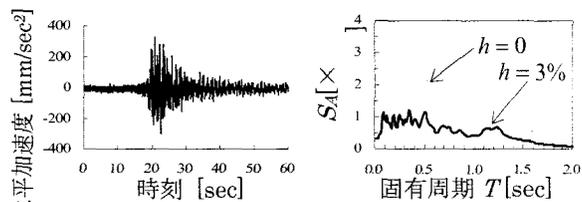
3.1.1 解析モデル

南側構面軸組と北側構面軸組は、ともに独立した二つの平面軸組としてモデル化する。軸組同士の相互作用は考慮しない。

質量は表 2 に示されるとおりとする。解析では接合部（節点）にのみ質量が存在するとし、表 2 の質量を集中質量に換算する。

Table 2 Mass of building elements

(a) Roof (kg/m ²)		(b) Outside wall (kg/m ²)			
屋根	長尺鉄板	15	モルタル仕上下地付	120	
	母屋	8	同縁	8	
	骨組	15	外壁	骨組	10
	その他	12	その他	12	
	合計	50	合計	150	



(a) Time history of Acceleration (b) Response spectra of absolute Acceleration

Fig. 14 Acceleration of horizontal direction

3.1.2 部材モデル

柱と梁の接合部は曲げ剛性を持たないと仮定し、柱、梁、および、ブレースはトラス材とする。梁と柱は弾性体とする。柱はその全長にわたって同じ断面形状をもつとし、部材断面性能は柱脚側のものを用いる。根巻きは無視する。つなぎ梁の剛性は本来の値の 1/1000 の値とする。ブレースは図 11 に示す復元力特性を有するとする。二次剛性比 $\gamma = 1/1000$ とする。

3.1.3 ブレースのひずみ

南側構面軸組のブレースには、初期ひずみとして図 9(a) に示されているひずみを入力する。同様に、北側構面軸組のブレースには、図 9(b) に示されているひずみを初期ひずみとして入力する。

3.1.3 境界条件

解析モデルは、柱と基礎梁の接合部においてピン支持されていると仮定する。

3.1.4 入力加速度

建造物の自重は重力加速度 (9800 [mm/sec²]) として入力される。同時に、水平方向加速度として調査建造物の敷地内において 2006 年 6 月 12 日に採取された東西方向加速度 (最大値 324 [mm/sec²]) を入力する。入力水平加速度の時刻歴と絶対加速度応答スペクトルを図 14 に示す。なお、解析において水平方向加速度は最大値が 2000 [mm/sec²] となるよう正規化される。

3.1.5 解析方法

系の運動方程式は次式で表される。

$$[M]\ddot{y} + [C]\dot{y} + \{Q(y)\} = -[M]\{\xi_y\}g - [M]\{\xi_x\}\ddot{y}_{gx} - \{f\} \quad (1)$$

ただし、 $[M]$ 、 $[C]$ と $\{Q(y)\}$ は、それぞれ、質量マトリクス、減衰マトリクスと復元力ベクトルである。 $\{\xi_y\}$ と $\{\xi_x\}$ は、それぞれ、水平方向地震動の影響を表すベクトルと鉛直方向地震動の影響を表すベクトルである。 \ddot{y}_{gx} と g は、それぞれ、水平方向加速度と重力加速度である。 $\{f\}$ はひずみによる初期軸力ベクトルである。減衰はレーリー型とし、1 次と 2 次に対して、それぞれ、 $h_1 = h_2 = 0.03$ とする。式 (1) の数値積分は平均加速度法とする。解析プログラムは SNAP Ver. 4 ((株) 構造システム) とする。解析継続時間 60 秒、時間刻み $\Delta t = 1/10000$ 秒とする。

3.2 解析結果

図 15 と図 16 に動的解析結果より得られた東端の柱頭の水平変位時刻歴を示す。ただし、図 15 は初期ひずみを入力しない場合の結果、図 16 は初期ひずみを入力した場合の結果

である。

図 15 より、初期ひずみがなければ変位の最大値は 15mm 程度である。一方、図 16 によれば解析開始後 20 秒あたりから、変位の急激な増加が確認される。なお、この後、水平変位が柱高さの 1/50 (=80[mm]) を超えたため、解析を打ち切っている。

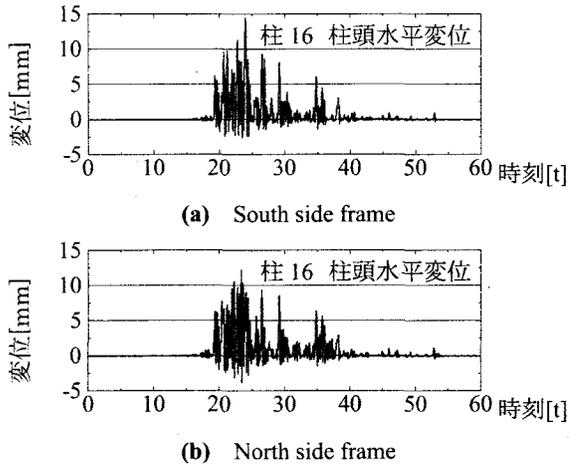


Fig. 15 Time history of horizontal displacement at No.16 column top without differential settlement

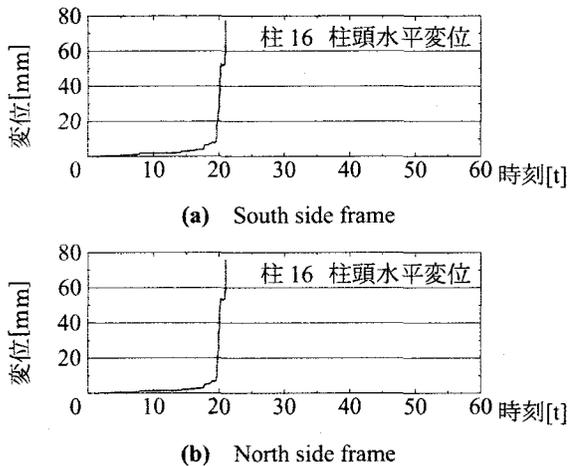


Fig. 16 Time history of horizontal displacement at No.16 column top with differential settlement

§ 4 温度応力を受けた既存ブレース付き骨組(工場)の解析的評価

ここでは、先に示した工場について、その動的応答に温度応力が与える影響を解析的に検討する。

4.1 分析モデル

工場は、前述したように梁間 11m、桁行 60m の層状をなさない鋼構造建物である。ここでは東西方向に地震動が入力

されるとし、工場桁行方向軸組(北側)を分析モデルとする。

軸組詳細と基礎ばり断面を図 17 に示す。また、梁、柱、およびブレースの断面形状を表 3 に、部材断面性能を表 4 にそれぞれ示す。柱はテーパ付の H 型鋼であり、鉄筋コンクリート製の基礎ばりにアンカーボルトで固定されている。柱頭にはリップ溝型鋼 (C-150x75x25x4.5) の梁が桁行方向に配置されている。ブレースは水平震度 $k = 0.18$ として断面設計されており、図 12(b) のように配置されている。

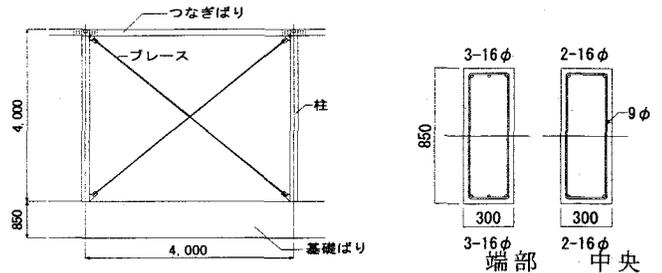


Fig. 17 (a) Detail of frame Fig. 17(b) Section of ground beam

Table 3 Cross section of frame members

梁	C-150x75x25x4.5
柱	(柱頭) H-450x150x6x4.5
	(柱脚) H-225x150x6x4.5
ブレース	16φ

Table 4 Cross sectional properties of frame members

		断面積 A [mm ²]	断面二次 モーメント I [mm ⁴]	降伏軸力 N_y [kN]	全塑性 モーメント M_p [kNm]
梁		14.42×10^2	501.0×10^4	338.9	202.3
柱	柱頭	37.71×10^2	(弱軸) 337.8×10^4	886.2	(弱軸) 163.9
	柱脚	27.56×10^2	(弱軸) 337.7×10^4	648.3	(弱軸) 161.2
ブレース		2.011×10^2	—	47.26	—

4.2 解析

4.2.1 解析モデル

解析では、分析モデルは平面フレームとする。梁、柱、ブレース、および、基礎ばりは線材とする。梁および柱は、その両端に軸ばねと曲げばねをもつものとする。ばねの復元力特性はバイリニアとし、図 18 に示すものとする。柱はその全長にわたって同じ断面形状をもつとし、部材断面性能は柱脚側のものを用いる。基礎ばりは弾性体とする。ブレースは図 11 の復元力特性を有する軸ばねとする。解析では、ブレースに初期張力を導入し、固定荷重によるブレースの軸方向縮みをゼロにする。

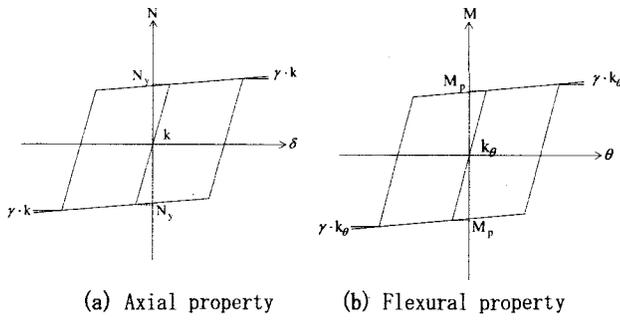


Fig. 18 Restoring force characteristics of brace

4.2.2 質量

工場の質量は表 2 に示されるとおりとする。解析では接合部(節点)にのみ質量が存在するとし、表 2 の質量を集中質量に換算する。

4.2.3 境界条件

軸組は、柱と基礎ばりの接合部においてピン支持されているとする。

4.2.4 入力加速度

鉛直加速度として重力加速度($g=9800[\text{mm}/\text{sec}^2]$)を、水平方向加速度として 2006 年 6 月 12 日に工場の近くで記録された東西方向加速度(最大値 $324[\text{mm}/\text{sec}^2]$)を、同時に分析モデルに入力する。なお、解析では、水平方向地震動の最大値 $A_{max}=3000[\text{mm}/\text{sec}^2]$ とする。

4.2.5 温度応力

基準温度を 0°C とし、梁の温度変化量 $\Delta t = 0^\circ\text{C}$ と $+30^\circ\text{C}$ とする。梁断面内において温度勾配はないものとする。

4.2.6 動的解析

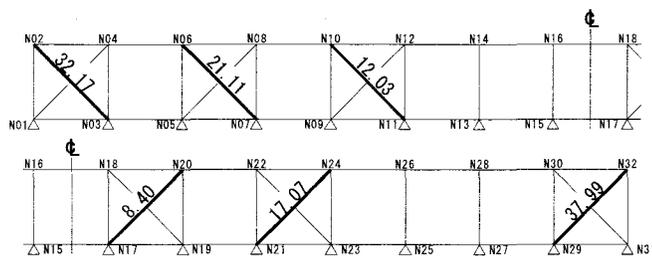
系の運動方程式および解析条件は、3.1.5 に同じである。

4.3 結果

4.3.1 ブレースの軸力

(1) 水平方向地震動が入力されない場合

$\Delta t = +30^\circ\text{C}$ のときのブレースの軸力を図 19 に示す。図より、中心線からみて遠くにあるブレースほど、その軸力は大きくなる傾向にある。



$\Delta t = +30^\circ\text{C}$ の場合(引張力のみ示す)

Fig. 19 Axial force of braces $\Delta t = +30^\circ\text{C}$ (Unit: kN)

(2) 水平方向地震動が入力された場合

ブレースの軸力 N と伸び δ の関係を図 20 に示す。図中において、 $\Delta t = 0^\circ\text{C}$ ならば、ブレースについて軸力(引張)は降伏軸力 ($N_y = 47.26 \text{ kN}$) より小さい一方、 $\Delta t = +30^\circ\text{C}$ かつ $A_{max} = 3000[\text{mm}/\text{sec}^2]$ ならば、N10-N11 と N17-N20 を除き、ブレースは降伏する。以上より、梁の温度変化量 $\Delta t = +30^\circ\text{C}$ の場合、骨組の桁行き方向中央から見てより遠くにあるブレースが降伏することが確認される。

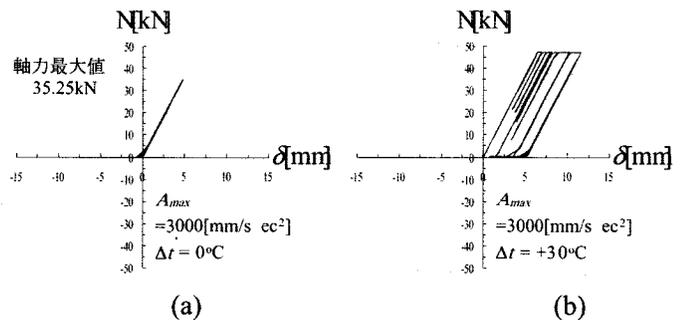


Fig. 20 Axial-force (N) - elongation(δ) relations in braces

4.3.2 柱上端の変位

(1) 水平方向地震動が入力されない場合

$\Delta t = 30^\circ\text{C}$ のときの柱上端節点の水平方向変位量を図 21 に示す。図より、節点 N16 の変位量が一番小さく、N16 より離れた位置にある節点ほど変位量はより大きい。N02 の変位量と N32 の変位量は、それぞれ、 $6.3[\text{mm}]$ (東向き) と $7.5[\text{mm}]$ (西向き) である。最大値は、 Δt が大きいほど大きいことが確認される。

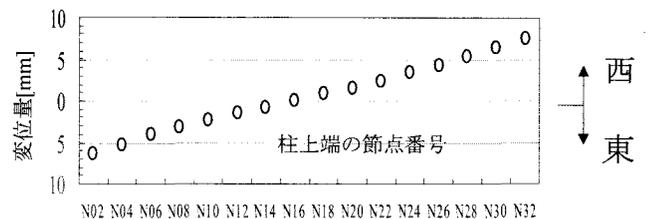


Fig. 21 Lateral displacements of nodal points without earthquake ground motion

(2) 水平方向地震動が入力された場合

図 22 に節点 N32 の水平方向変位の時刻歴を示す。 $A_{max}=3000[\text{mm}/\text{sec}^2]$ の場合、変位の最大値は $\Delta t = 0^\circ\text{C}$ ならば 7.1mm (19.97 秒)、 $\Delta t = +30^\circ\text{C}$ ならば 16.6mm (21.11 秒) であり、両者の差は 9.5mm である。従って、梁の温度変化が $+30^\circ\text{C}$ である場合の変位最大値の増加量は 7.5mm より大きい。この現象にはブレースの降伏が関係している。

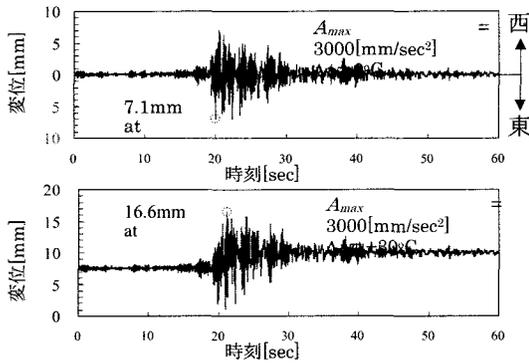


Fig. 22 Time histories of displacement response at nodal point N32

図 23 に柱上端の変位の最大値を示す。節点 N32 だけでなく、他の節点においても変位の最大値は、 Δt が大きいほど大きいことが確認される。

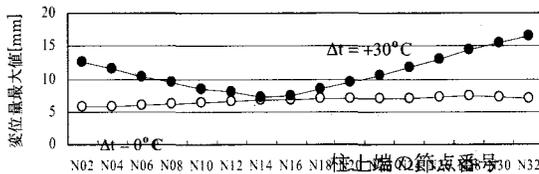


Fig. 23 Maximum values of lateral displacements at column tops ($A_{max} = 3000 [mm/sec^2]$)

§5 自己歪応力を受けたブレース付き骨組耐震性能検討実験およびブレースの端部取付詳細の検討実験

実験は、①自己歪応力がブレース付き骨組の耐震性能に与える影響の確認、及び②ブレースの耐震性能向上のための端部取付詳細の検討実験、の2実験を行った。使用材料は、調査建物と同じく SS400 クラスである。

5.1 自己歪応力がブレース付き骨組の耐震性能に与える影響の確認実験

5.1.1 実験の目的

本実験は、自己歪応力がブレース付き骨組の耐震性能に与える影響の確認を目的とする。

5.1.2 実験概要

(1) 試験体概要

試験体一覧を表5に、素材試験結果を表6に、試験体を図24にそれぞれ示す。試験体は4体で、その因子は、ブレースの有無および自己歪レベルである。試験体骨組は、上下の梁が H-150×150×7×10(mm)、柱が H-100×80×6×9(mm)であり、特に柱フランジの幅厚比が小さく靱性に富む性状を示すことが

予測される。

Table 5 Details of frame specimens with braces

試験体	ブレースの有無	自己歪導入時柱変形角 (rad.)
No. 1	無	0
No. 2	無	0
No. 3	有	1/400
No. 4	有	1/200

Table 6 Mechanical properties of steel

適用箇所	降伏点 $\sigma_y (N/mm^2)$	引張強さ $\sigma_u (N/mm^2)$	ヤング係数 $E (\times 10^5)$
フランジ	302	452	1.91
ウェブ	325	455	1.95
ブレース	300	439	1.98

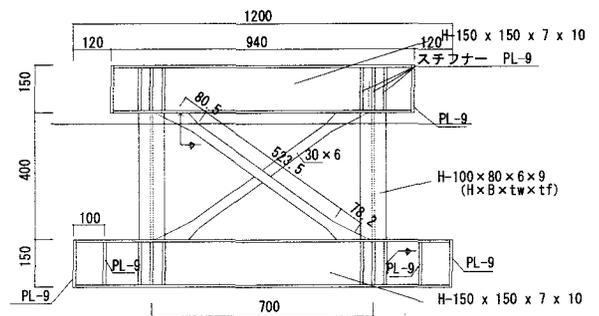


Fig. 24 Frame specimen with brace

(2) 実験方法

写真3に実験状況を示す。加力は、試験体下部を土台に固定し、柱の変形角を制御値として、試験体上部の梁部分に左右の油圧ジャッキを用いて水平力を静的に繰返し漸増载荷した。試験体 No.3 と試験体 No.4 は予め自己歪応力を模擬した水平変形を与えた後、試験体 No.1, No.2 と同様に地震力を模擬した水平力を加えた。

変位測定は、柱頭水平、ブレースの伸縮および面外について行い、ひずみ測定は、柱およびブレースについて行った。

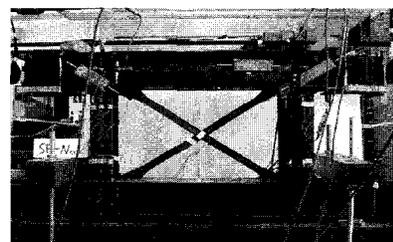


Photo 3 Test set up of frame specimen with brace

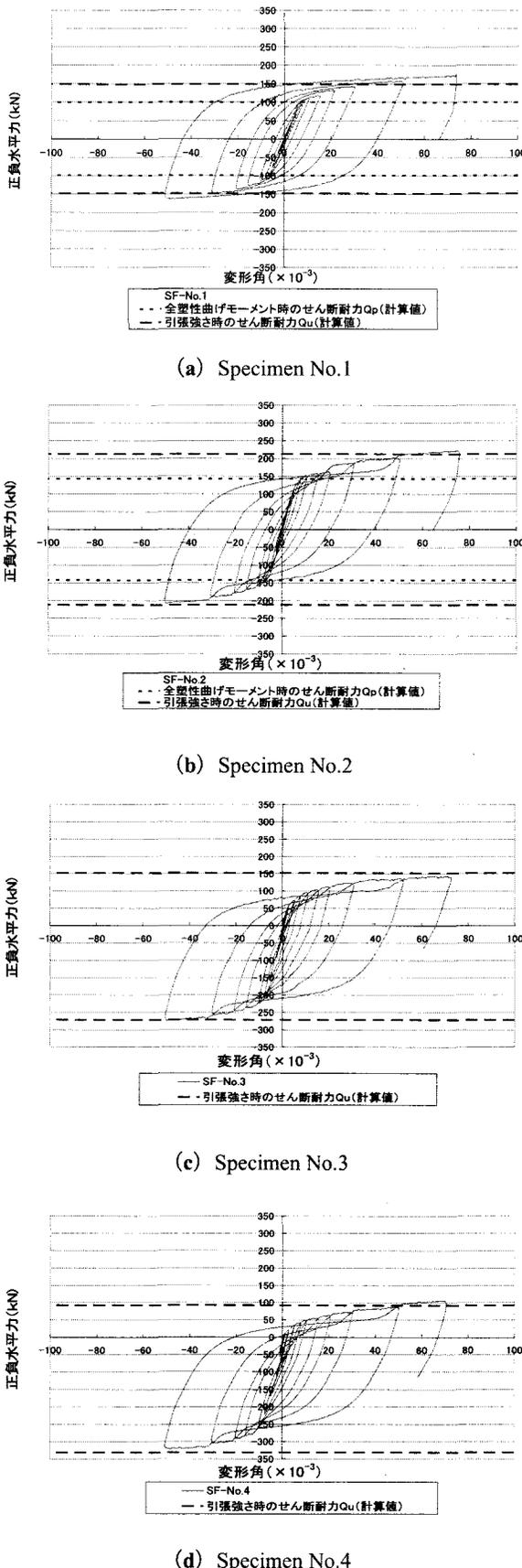


Fig. 25 Lateral load – drift angle relation of frame specimens with brace

5. 1.3 実験結果とその検討

(1) 実験結果の概要

各試験体の水平力-変形角関係を図 25 に示す。試験体 No.3 および No.4 は自己歪応力を与えた後に、計測した値で水平力-変形角関係を示した。各試験体共に、靱性に富む性状を示している。

(2) 各試験体耐力の検討

図 25 の (a), (b)には実験結果とともに、計算によって求めた全塑性モーメント時のせん断耐力 Q_p および引張強さ(σ_y)時のせん断耐力 Q_0 を示し, (c), (d)には自己歪応力による耐力の増減を考慮して算出した引張強さ(σ_y)時の耐力 Q_0 を示す。

試験体 No.1 および No.2 の実験結果より、変形角 75/1000 rad. の時ブレースは約 50kN の耐力を負担していた。また、ブレースの試験体に対する耐力の割合は 25%程度であり、ブレースによる耐力の上昇を確認することができた。一方、計算値では塑性モーメント時のブレースの耐力は 44kN、引張強さ時の耐力は 64kN と実験結果と近い値となっていた。また、試験体 No.3 は正水平力が No.2 よりも小さく、負水平力は No.2 よりも大きい結果となった。これは自己歪応力の影響により、正負で耐力の違いがでたためである。試験体 No.4 は No.3 よりも自己歪応力が大きいいため、より正水平力が小さくなり、負水平力が大きくなるといった結果だった。

試験体 No.1 および No.2 は実験値の最大耐力(変形角 75/1000 rad.時)は、計算値の引張強さ時のせん断耐力(Q_u)よりも大きな耐力となっていた。これはウェブの耐力や柱端部の拘束力を考慮していなかったため、実験値のほうが大きい値になったと考えられる。試験体 No.3 および No.4 は実験値が計算値を下回る結果となった。これは自己歪応力が耐力に影響したためと考えられる。

5.2 ブレースの耐震性能向上のための端部取付詳細の検討

5. 2.1 実験目的

本実験は、保有耐力接合が行われてないと考えられる軸組ブレース(L-50×50×6)の断面を再現し、それぞれの端部を工夫した 4 種類の試験体を用いて、現在あるブレースにどのような工夫を行えば保有耐力接合となるかを検討することを目的とする。併せて偏心引張が耐力にどのような影響をもたらすのかを検討する。

5. 2.2 実験概要

(1) 試験体形状と作成

試験体は 4 体で、その諸元を表 7 に、試験体詳細を図 26 にそれぞれ示す。実験変数は、補強隅肉溶接の有無、HTB の径および有無である。ブレースには、体育館のブレースを模擬 L-50×50×6 を用いた。試験体の高力ボルト(F10T)には標準ボルト張力を導入した。

材料の強度試験は、山形鋼より 6×30×500(mm)(厚さ×幅×長さ)の試験片を作り、引張試験を行った。引張試験の結果、ヤング係数 E は $1.98 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、引張強さは 439.0 N/mm^2 、降伏点は 299.7 N/mm^2 だった。

(2) 試験方法と測定方法

実験状況を写真 4 に示す。加力は、100t 万能試験機を使用して、単調引張载荷を行った。変位測定方法を図 27 に示す。ひずみ測定は、試験体中央および端部について行った。

Table 7 Detail of test specimens

名称	溶接	HTB	孔数	孔径[mm]
α-1	有	無	2	18
α-2	有	2-M16	2	18
γ	無	3-M12	3	14
γ-1	有	無	3	14

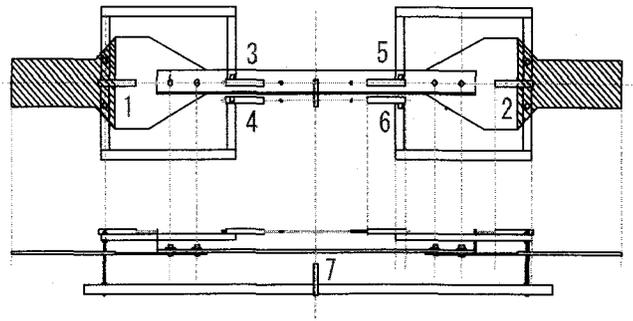


Fig. 27 Measured method of displacements

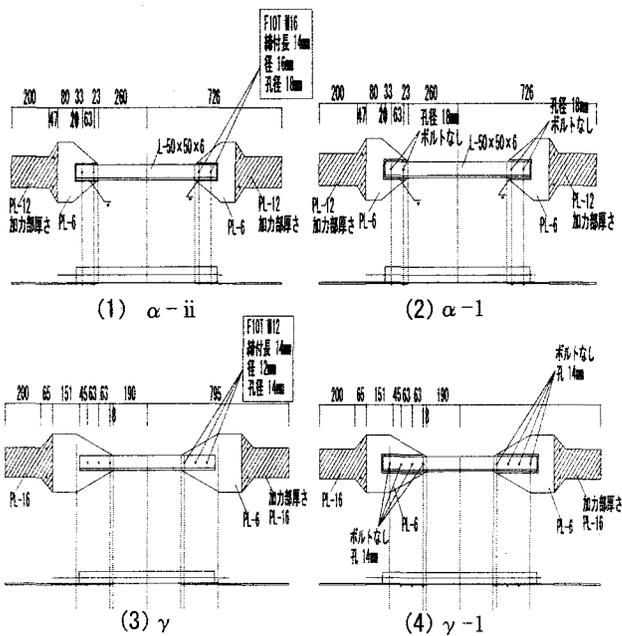


Fig. 26 Details of brace specimens

5. 2.3 実験結果

荷重—伸び変位関係を図 28 に示す。写真 5 に代表的な破壊の様子を示す。破断した部位を見てみると、全ての試験体の破断線が孔を通り、溶接を避けていることが確認できた。

表 8 に最大荷重について、過去に筆者らが行った実験結果と併せてしめす。一番部材の伸びが大きかったのは試験体 γ で 75mm、次いで試験体 α-2 で 53mm、試験体 α-1 と試験体 γ-1 で 45mm だった。この事から、端部の強度が強ければ部材全体がよく変形するというのではないことがわかる。また、溶接を施していない試験体 γ はボルト部の滑り変位により他の試験体に比べて変形量が特に大きい。

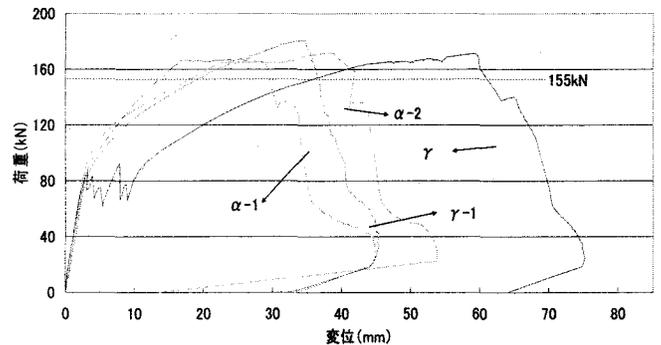


Fig. 28 Load-elongation relation

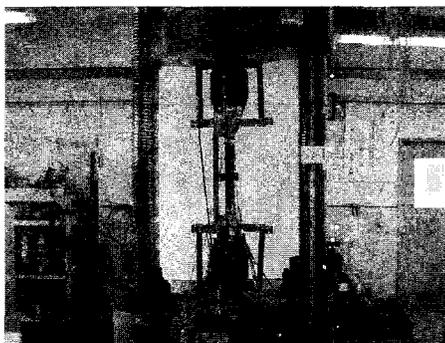
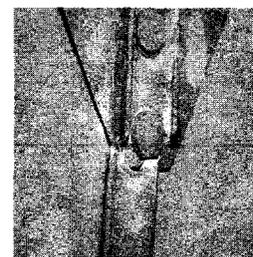


Photo4 Test set up of brace



(a) Specimen α-1



(b) Specimen α-2

Photo5 Crack pattern of specimens

Table 8 Comparison of maximum loads

過去の資料					
名称	ボルト	ボルト径	孔径	Pu (kN)	溶接
A _{※1}	2本	16mm	18mm	116	無
B _{※1}	4本	12mm	14mm	180	無
今回の実験					
名称	ボルト	ボルト径	孔径	Pu (kN)	溶接
α-1	無		18mm	166	有
α-2	2本	16mm	18mm	172	有
γ	3本	12mm	14mm	171	無
γ-1	無		14mm	181	有

A_{※1}はα-2と同一寸法試験体, B_{※1}はγに対しボルト数増大試験体

5. 2.4 考察

(1) 保有耐力接合の検討

最大荷重 P_u と材中央部の軸降伏耐力計算値 P_y と比較する。 P_y は偏心を考慮しないとすると 155kN となり, 全ての試験体で P_u が P_y が上回っているので, 保有耐力接合⁷⁾であることが確認できる。

(2) 保有耐力接合の偏心とボルト数による低減の妥当性の検討

日本建築防災協会の規定⁸⁾による突出脚部の無効長さについて検討を行う。過去の実験と本実験の一覧を表9に示す。試験体 A, B の σ_u は 466N/m² である。なお, 建築防災協会の規定は, ボルトのみがあることが条件なので, 溶接が施されている試験体(α-1, α-2, γ-1)には適用できない。

防災協会規定による無効長さを実験結果より求めた無効長さを比較すると, 規定計算値を, 試験体 γ では 2.74 倍, B では 1.69 倍, A では 1.14 倍ほど長く(安全側)評価することになっている。溶接長さが 11cm の試験体 α-1 は, 無効長さが 11.18mm でおおよそボルト 5 本の無効長さに相当した。ボルトの条件が同じで溶接の有無のみ異なる試験体 α-2 と試験体 A では計算上の無効長さに 25.86 mm もの差がみられた。溶接長さが試験体 α-1 より長い 17.5cm の試験体 γ-1 は無効長さがさらに短くなった。

Table 9 Comparison of non-effective length

	実験で置換により算出した無効長さ(mm)	建築防災協会による無効長さ(mm)
α-1	11.18	-
α-2	4.97	-
γ	9.11	25
γ-1	4.97	-
A _{※1}	30.83	35
B _{※1}	9.75	16.5

(3) 溶接による効果

ここでも過去の実験データと比較してみる。今回の実験データと併せて一覧を表5に示す。試験体 A と α-2 の違いは溶接を施しているかないかのみであるが, 試験体 A は全断が

降伏しておらず, 試験体 α-2 は全断面が降伏している。 P_u で見てみると 56kN もの差が見られた。また, 試験体 α-1 は α-2 のボルトが無いパターンだが, 全断面が降伏している。つまり, 16mm のボルト 2本より溶接の方が端部補強効果が高いことが分かる。

今回の試験体の破断面を見てみると溶接部位を避けて破断していることから, 溶接による強度上昇の効果は, 断面積が増えたことによるものでなく, 偏心を防ぐこと, 応力集中させない事にあると予測される。また, 試験体 B と γ の違いは, ボルトの数が 4本と3本であることのみである。今回の実験でボルト径 12mm の場合は, 4本はもちろん, 3本でも十分保有耐力接合を満たすことがわかった。

§6 まとめ

(1) 不同沈下の調査及び検討結果より

① 両構造物共に桁行き方向は, 不同沈下を生じ, 最大不同沈下量は, 体育館で約 10cm, 工場で約 14cm であった。

② 不同沈下量から算出される柱間の最大相対変形角は, 体育館で 5/1000rad., 工場で 11.5/1000rad. であった。

③ 両構造物共に, 柱間の相対変形角が大きいスパンでは, X型ブレースの圧縮側は座屈を生じ, 引張ブレースでは降伏点を超える歪を受けていることが推定された。また, 体育館の南西端部のブレースは, X型交点の引張端部で亀裂を生じていた。更に, 工場では過去にブレースの接合部のボルトが破断する被害を生じたことがわかった。

④ 今回の調査および検討で, 自己歪応力の損傷に与える影響は, 甚大な場合があり注意する必要があることがわかった。

⑤ 調査構造物軸組の水平剛性と保有水平耐力は, 施工当時よりも低下している可能性がある。

(2) 不同沈下を受けたブレース付き骨組の耐震性評価結果より

① 最大加速度 2000[mm/sec²]の水平地震動を入力加速度として実施した軸組の動的応答解析結果より, ブレースにひずみがない場合では柱頭の水平変位最大値は 15mm 程度となる一方, 不同沈下によるひずみがある場合では柱頭の水平変位は柱高さの 1/50(=80mm)よりも大きくなることを確認した。

② 不同沈下により, 調査構造物軸組のブレースのうち, その多くが既に降伏しており, 軸組の耐震性能は, 調査構造物施工当時よりも低下している可能性がある。したがって, 調査構造物の耐震性能もまた施工当時よりも低下している可能性があると言える。

(3) 温度応力を受けた既存ブレース付き骨組の解析的評価結果より

① 梁の温度が 30°C 増加するとブレースの軸力(引張)が増加することおよび柱上端の水平方向変位が増加すること

を確認した。

② 今回想定した水平方向地震加速度が入力された場合、温度増加がなければブレースは降伏しないが、梁の温度が30°C増加した場合にはブレースが降伏したことを確認した。

③ 温度応力は、骨組の耐震性に影響を与える。

(4) ブレース付き骨組およびブレースの端部取付詳細の検討実験結果より

① 自己歪応力がブレース付き骨組の耐震性能に与える影響の確認実験を行った結果、自己歪応力が大きいほど、骨組の耐震性能に影響を与える効果が大きいことが分かった。

② 保有耐力接合の条件を満たしていないブレースの端部に溶接を施すことは、比較的簡単にできる補強方法であり、保有耐力接合にするためにかんがりの効果が期待できる。

③ すでに保有耐力設計を満たしているブレースに溶接を施すことで、端部は強くなるが部材の変形量が小さくなる。

⑤ 日本建築防災協会の規定による無効長さはかなり安全側にとってある。また、溶接を施した場合の無効長さの規定は無いが、その有用性を考えると考慮するべきである。

謝辞

本研究の一部は、平成19年度(社)日本鉄鋼連盟鋼構造研究助成制度(一般研究分野)(研究代表者 寺岡勝)によった。また、本研究を進めるにあたって、呉工業高等専門学校平成19年度本科5年学生 遠山誉、根角知志、藤井康平、松本一輝、山田竜也、の各氏の多大の助力を得た。関係各位に深謝します。

参考文献

- 1) 寺岡勝, 福原安洋, 仁保裕, 谷岡洋介, 川手康大: 自己歪応力による鋼構造骨組の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 その1 既存ブレース付き骨組の損傷状態の調査, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第31巻, CD-ROM(230), 2008. 3.
- 2) 仁保裕, 寺岡勝, 福原安洋: 自己歪応力による鋼構造骨組の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 (その2 温度応力を受けた既存ブレース付き骨組の解析的評価), 日本建築学会中国支部研究報告集, 第31巻, CD-ROM(231), 2008. 3.
- 3) 仁保裕, 寺岡勝, 福原安洋: 既存鋼構造物不同沈下量測定および同構造物の耐震性能評価, 日本鋼構造協会年次論文報告集, 第16巻, pp. 399-406, 2008. 11.
- 4) 寺岡勝, 福原安洋, 仁保裕, 谷岡洋介, 川手康大: 自己歪応力による鋼構造骨組の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 (その3 ブレース付き骨組およびブレース端部取付詳細の検討実験), 日本建築学会中国支部研究報告集, 第32巻, CD-ROM (269), 2009. 3.

- 5) 西村光正, 芳賀保夫 呉高専における地盤沈下と建物の不同沈下について 呉高専 35周年記念学術論文集, pp. 129-138, 2000. 3.
- 6) 建築基準法施工令第68条.
- 7) 日本建築学会: 鋼構造接合部の力学的性状に関する研究の現状, 1993. 10.
- 8) 日本建築防災協会 耐震改修促進法のための既存鉄骨造の耐震診断および耐震改修指針・同解説 (1996) p47 1996. 9.

【付録】

1) 相対沈下量を強制変位として入力した応力解析結果より、北側構面軸組の変形モードを図Aに示す。図Aにおいて変位は実際の値を10倍したものである。図Aより、柱は幾分傾いているように見受けられるものの、その傾きは基礎梁の傾きに比してかなり小さい。よって、本研究では相対沈下量によるブレースのひずみを計算するにあたり、本文図6の仮定を用いた。



Fig. A Deformation mode of north-side frame in factory

2) 軸組の剛性 K は図Bのブレースモデルを用い、次式により計算する。

$$K = m_b \cdot k_b \cdot \cos^2 \theta \quad (A)$$

ただし、 m_b は降伏していないブレース本数である。 k_b はブレースの軸剛性であり、表1の部材断面性能に基づけば $k_b = 7.316 \text{ kN/mm}$ となる。 θ はブレースの傾きである。 $\theta = 45^\circ$ なので式(A)は

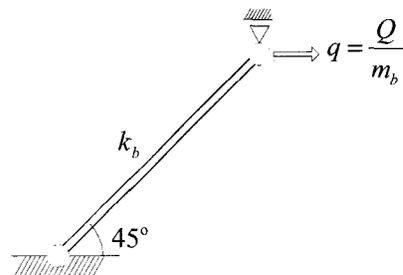


Fig. B Brace model for calculating stiffness and horizontal load-carrying capacity

$$K = m_b \cdot k_b \cdot \frac{1}{2} \quad (B)$$

となる。

図12に示される南構面軸組および北構面軸組ともに、載荷前では $m_b = 4$ であるので、式(B)より、 $K = 14.63 \text{ kN/mm}$ となる。また、スパン⑩のブレースが降

伏した後の水平剛性を K_1 とすれば, $m_b = 3$ であるので, $K_1 = 10.97 \text{ kN/mm}$ となる。

施工当時の軸組の保有水平耐力 Q_y は次式で計算する。

$$Q_y = m_b \cdot (N_p \cdot \cos \theta) = m_b \cdot N_p \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (\text{C})$$

N_p はブレースの降伏軸力であり, その値は表 1(b) に示されるものとする。

図 12 の軸組の Q_{y1} は次式で計算する。

$$Q_y = Q_{y1} + 3 \cdot N_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (\text{D})$$

N_0 はスパン⑩のブレースの初期張力である。また, Q_{y1} はスパン⑩のブレースが降伏したときの水平力であり, 次式で計算する。

$$Q_{y1} = 4 \cdot (N_p - N_0) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (\text{E})$$

Q_{y1} に対応する変位 d_{y1} は

$$d_{y1} = \frac{Q_{y1}}{K} \quad (\text{F})$$

として計算する。また, Q_y に対応する変位 d_y は

$$\delta_y = \delta_y + \frac{Q_y - Q_{y1}}{K_1} \quad (\text{G})$$

となる。

【注釈】

- 今回, 調査構造物に関する聞き取り調査を行ったところ, この構造物では十数年前に北側構面スパン⑩のブレース接合部のボルトが破断したとの証言が得られた(図 C 参照)。この出来事に関する資料が現存しないため, ボルト破断原因および破断後の処置に関する正確な情報は入手できないものの, 証言によれば, (i) ボルト破断前後に地震や台風等の自然災害は発生しておらず, また, (ii) ボルトが破断したスパン⑩のブレースについては, ボルトを取り替えるとともにブレース長を調整したと推測される。

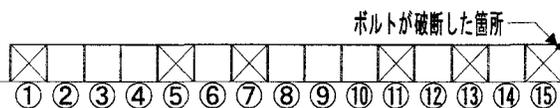


Fig. C A position of brace at bolt fracture (North-side frame)

引張ブレースは不同沈下により座屈しているため, 剛性はゼロである。

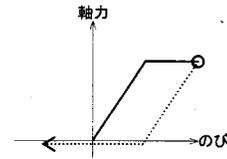


Fig. D Restoring force characteristics of braces in span of ①, ③, ⑤ and ⑦

- スパン①, ③, ⑤, および, ⑦の圧縮側のブレースには不同沈下による初期張力が働いている。したがって, これらのブレースは張力がゼロになるまで剛性はゼロではない(図 D 参照)。一方, スパン①, ③, ⑤, および, ⑦の

建物と地盤の相互作用効果の実務設計への組み込みについて

(建築学系分野) 泉 洋輔

On The Incorporation of Soil-Structure Interaction Effects in Structural Design Practice

(Faculty of Architecture and Structural Engineering) Yosuke IZUMI

Abstract

The seismic design requirements in Building Standard Law of Japan revised in June 2000 toward a performance-based design framework, a new seismic design method called "Response and Limit Strength Calculation (RLSC)" has developed. The features of RLSC are summarized as follows; (1) The regulation of the design earthquake motion as an acceleration response spectrum at outcropped engineering bedrock, (2) Incorporation of nonlinear amplification effect of surface strata, (3) Incorporation of the effects of soil-structure interaction (SSI), and (4) Modeling of multi-stories building into an equivalent single-degree-of-freedom system. Focusing on above items (2) and (3), this paper describes to some tries of incorporation of SSI using response spectrum method in structural design practice.

Key Words : dynamic soil-structure interaction, response spectrum method, foundation input motion, seismic coefficient of embedding foundation, seismic pile stress
動的相互作用, 応答スペクトル法, 基礎入力動, 地下震度, 杭地震時応力

§1 はじめに

建築物の性能規定化を具現化するための検証法として開発された限界耐力計算（以下、告示法）の施行によって、表層地盤の非線形増幅特性および建物と地盤との動的相互作用効果が一般の建築物の耐震解析にも導入され、建物のモデル化は従来のものと比べてより現実のものへと近づけることが可能となった。これに伴い、告示法を実務設計へ運用するための実用算定式や計算例が提示され¹⁻²⁾、また、日本建築学会からは文献3、4に続いて、文献5が新たに刊行され、構造設計者にとっては相互作用効果をかなり具体的に耐震解析に組み込める環境が整

ってきたものと考えられる。

図1は告示法の表層地盤の増幅率の計算過程で求まる各諸量の利用方法についてまとめたものである。図中、陰影を付けた項目は告示法で規定あるいは関連する部分である。これを見ると、告示法の利用によって、これまで個別に評価されてきた工学量、例えば地盤変位やせん断剛性低下率などが一貫したプロセスのもとで評価できるようになったことがわかる。

ところで、告示法によって耐震設計された建築物の構造特性の分析結果⁶⁾によれば、告示法は比較的高層の建築物に適用されており、地盤が良好な条件のもとでは、

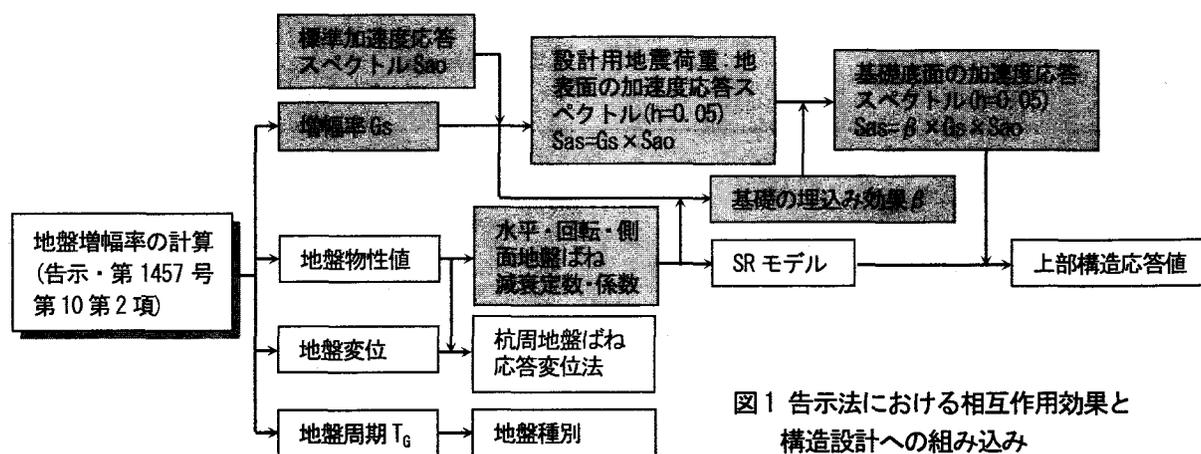


図1 告示法における相互作用効果と構造設計への組み込み

長周期領域における増幅率が小さくなることによって、保有水平耐力が許容応力度等計算で設計された場合と比較して小さく評価される傾向になることが報告されている。一方、耐震偽装問題の発覚を受けて 2007 年 6 月には改正法令が施行され、地盤増幅率の算定にもかなりの修正が加えられている。また、相互作用効果の一つである慣性の相互作用に関連するが、建物の地震力算定用の 1 次固有周期を評価するモデルには地盤ばねを考慮することはできないことが規定された。

建物と地盤との相互作用を実務設計に組み込む場合、告示法を代表とする静的なアプローチと、告示第 1461 号による動的なアプローチに適用した場合の 2 通りが考えられる。本報告では主として前者の静的なアプローチを対象としていくつかの試みについて紹介するものである。2 章で表層地盤の増幅特性、3 章では告示法の相互作用効果の算定精度の中で特にこれまで構造技術者に馴染みのなかった基礎入力動を取り上げ、4 章では耐震設計用地下震度、5 章では杭の設計用応力算定について述べている。

§ 2 表層地盤の増幅特性

2.1 告示法の表層地盤増幅率の特性⁷⁻⁸⁾

告示第 1457 号第 10 第 2 項 (以下、告示精算法) において多層成層地盤の増幅率 G_s は、図 2 に示すように各地層の非線形性を考慮して地盤の 1 次固有周期 T_1 が収束する条件によって設定される等価 2 層地盤から求められる。ここで表層地盤の G_s は、解放工学的基盤面に対する地表面の変位振幅比で定義される。図 2 において表層地盤の S 波速度 V_{se} 、減衰定数 h_e 、質量密度 ρ_{se} は等価物性値である。告示式から明らかのように、等価 2 層地盤の G_s は、表層地盤の T_1 、波動インピーダンス比 α および等価減衰定数 h_e から一義的に決まることになる。なお、解放工学的基盤面に対する内部基盤面の増幅率 G_B は、表層地盤を多質点せん断系にモデル化する際に、工学的基盤の半無限性を考慮するために付加する地盤ばねの変位を算定するために必要となるものであり、告示第 1457

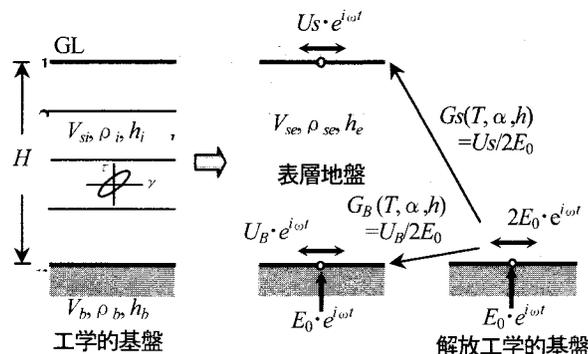


図 2 等価 2 層地盤への置換

号そのものには規定されていない工学量である。

一方、1 次元波動論 (以下、波動論) による 2 層地盤の G_s および G_B は、式(1)で算出される。

$$G_s = 2 \sqrt{\frac{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}}{(e^{ikH} + e^{-ikH}) / \{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}\}}}} \quad (1a)$$

$$G_B = \left| \frac{e^{ikH} + e^{-ikH}}{\{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}\}} \right| \quad (1b)$$

ここで、 $k = \frac{2\pi}{TV_{se}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+i2h_e}}$, $\alpha = \frac{\rho_{se}V_{se}\sqrt{1+i2h_e}}{\rho_bV_b\sqrt{1+i2h_b}}$

式(1)において層厚 H は $T_1=4H/V_{se}$ の関係を用いて消去することができ、波動論による G_s は告示精算法と同様に T_1 , α および h_e から計算できる。なお、以下の計算では工学的基盤での減衰定数 h_b はゼロとする。図 3 に告示精算法の地表面の 1 次および 2 次増幅率 G_{S1} , G_{S2} と減衰定数および内部基盤面の 1 次増幅率 G_B と減衰定数の関係を α をパラメータとして波動論と比較して示す。また、 $T_1=0.75\text{sec}$, $\alpha=0.25$, $h_e=0.15$ の場合の安全限界時の G_s を告示精算法、告示第 1457 号第 10 第 1 項 (以下、告示簡略法) による 2 層地盤の G_s および波動論を比較して図 4(a)に示す。これを見ると、全体的には告示精算法の G_s は波動論のそれを包絡しており、特に短周期領域

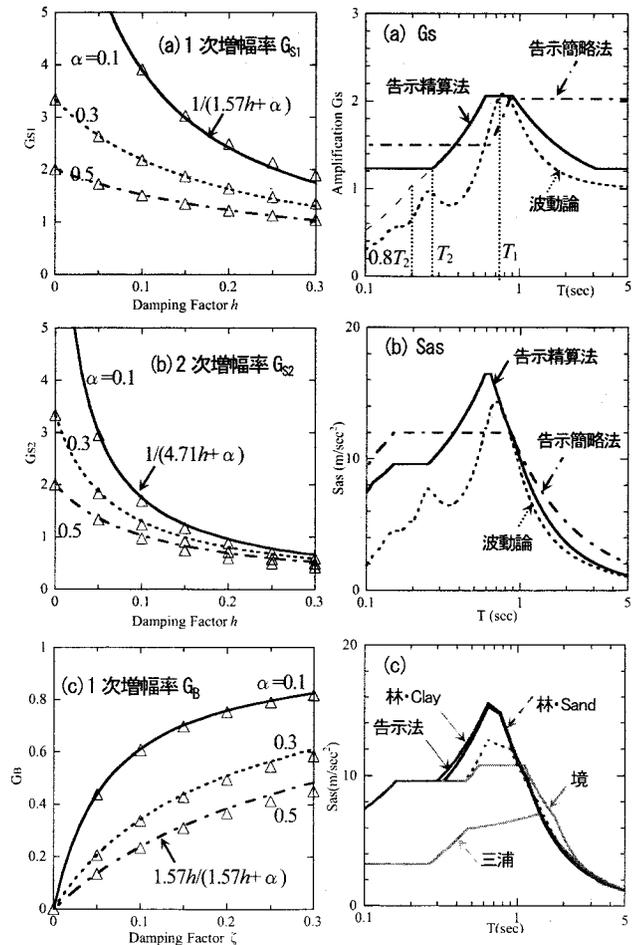


図 3 地盤増幅率の比較 (△:波動論)

図 4 告示法と波動論、各提案法の比較

では下限値の設定のために安全側の評価となっている。この G_s を解放工学的基盤で規定される標準加速度応答スペクトル S_{ao} に乗じると図 4(b)のように地表面の加速度応答スペクトル S_{as} が算定される。算定結果より、告示簡略法での S_{as} は 1 秒を超えるあたりから告示精算法より大きく評価されることがわかる。図 4(c)にこれまでに提案されている表層地盤の増幅特性を考慮した加速度応答スペクトルの算定結果^{7, 9, 11)}を告示法と比較した例を示す。

2.2 増幅率の変動要因^{11~12)}

告示精算法を適用する場合、建設地の地盤特性を直接的に設計に反映させることが可能になる一方で、当該地盤のモデル化に起因して設計用加速度応答スペクトル S_{as} の算定結果が変動することが予想される。 G_s を算定するにあたってこれに影響を及ぼすものとして以下の要因が考えられる。

(1) 成層地盤の仮定

地盤は平行成層地盤であることが前提であるが、各地層境界が傾斜している場合は、平均層厚でモデル化する等の対応が必要となる。

(2) 工学的基盤の設定位置

V_s が 400 m/sec 程度以上の地層が深さ方向に複数存在する場合、どの地層を工学的基盤として設定するか判断が必要となる。設定位置を深くするほど地盤の固有周期は伸びることになる。また、工学的基盤の定義を V_s に加えて層厚で規定することは一般的には困難である。

(3) V_s の評価

PS 検層による結果を用いる場合と、標準貫入試験による N 値と土質種別からの推定式を用いる場合が考えられる。後者の場合、PS 検層実測値と推定値との間には大きな差異が認められる場合もある。したがって、推定式が有する精度そのものが変動要因となる。

(4) 地盤のひずみ依存性

告示第 1457 号別表第一および第二に規定されている非線形特性である大崎・原モデルは、歪レベルの大きい領域で減衰定数を過大評価するとの指摘がある。したがって、変位およびせん断歪は小さく評価され、 G_s は小さく評価される傾向となる。旧告示精算法ではこれに対処するために、収束計算後に等価減衰定数を 0.8 倍して最終の G_s を決定していた。このような特性を有する非線形特性に代わる新しいモデルが古山田らによって提案されている¹³⁾。

(5) 有効ひずみ換算係数の設定

一次元等価線形解析 (以下、SHAKE) における有効ひずみ換算係数 (Seed のマジックナンバー) は $c=0.65$ が多用されている。 c を小さく設定するほど地盤の固有周期は短く評価されるが、地盤の 1 次モードのみ考慮して算定する応答スペクトル法での換算係数に関する検討では、

$c=0.35$ と設定すると安全側の評価が得られる傾向にある。

以上のように、 G_s の算定結果は直接上部構造の入力地震動となり、かつ加速度-変位スペクトル (S_a - S_d 曲線) に変換されて上部構造の応答変位を算定するため、その算出は機械的に決定すべきではなく、その変動幅についても検討しておく必要があると考えられる。実務設計においては、(2)が最も工学的判断を要求される項目となる。(2)については、インピーダンス比が極小となる位置あるいは最大せん断歪が急増する位置で検討する方法が提案されている¹⁰⁾。(3)に関しては、地盤調査による物性値を用いることが最重要であると考えられる。(4)に関しては、せん断歪が 1%を超えた試験結果がほとんど得られていないことを考慮して、算定された有効せん断歪の大きさに常に注意を払う必要がある。なお、以上の変動要因のいくつかについては 2006 年の法改正によって告示で規定されることになった。

2.3 改正告示の内容

今回の建築基準法等の改正により、限界耐力計算の技術的な規定を示した告示第 1457 号は大幅な変更がなされている。また、告示第 2009 号のいわゆる免震告示においても、設計用入力地震動となる加速度応答スペクトルに告示第 1457 号の規定が用いられているために、改正告示に対応させる必要がある。改正内容を以下に整理する。

- (1) 地盤に関しては、次のような適用条件が設けられている [第 10 第 2 項および第 2 項第一号イ~ハ]。
 - a) 液状化を生ずるおそれがないこと。
 - b) 崖地、傾斜した地盤でないこと。
 - c) 工学的基盤のせん断波速度が約 400m/sec 以上であること。
 - d) 工学的基盤の層厚は 5m 以上であること。
 - e) 建物直下を中心として、表層地盤の厚さの 5 倍程度の範囲において工学的基盤の傾斜角が 5° 以下であること。
- (2) 表層地盤の増幅率の算定方法に関しては、表 1 のように、簡略法 (地盤種別ごとに G_s が規定されている方法) は損傷限界時と安全限界時に適用され、精算法 (地盤調査に基づいて G_s を算定する方法) は安全限界時においてのみに適用可能となっている。これに関連して、基礎の埋込みによる入力地震動の低減効果は、安全限界時にのみ考慮されることになった [第 10 第 2 項第二号ハ]。

表 1 増幅率の算定方法に関する規定の変更

算定法	損傷限界時	安全限界時
簡略法	○	○
精算法	×	○

- (3) 安全限界時での増幅率 G_s の下限値は、全周期領域で 1.23 に引き上げられた [第 10 第 2 項第二号]。
- (4) 土の非線形特性である G/G_0 - γ 関係 (せん断ひずみとせん断弾性係数の低下率の関係)、 h - γ 関係 (せん断

ひずみと減衰定数の関係)を規定していた別表第一, 第二が削除され, 建設地での土質試験結果を用いることを原則としている[第10第2項第二号イ]。

(5) 表層地盤の減衰定数 h は, 各地層のせん断ひずみに対応した減衰定数 h_i を, ひずみエネルギー w_i の重み付け平均値として求められる。改正前では, 地盤の1次固有周期が収束した後の減衰定数 h を0.8倍して評価されていたが, 改正ではこの係数0.8がなくなった[第10第2項第二号ロ]。

(6) 新たに追加された第三号では, 等価2層地盤のモデル化では考慮されない, 表層地盤中のせん断剛性のコントラストの強弱による増幅率の影響を考慮することを規定したものである。硬質層の上に軟弱層がある場合, すなわち, 波動インピーダンス比が小さいほど増幅率は大きくなるが, 告示では波動インピーダンス比が0.5以下の層を「みなし工学的基盤」として G_s を算定し, 設計で設定した工学的基盤による G_s の結果も含めて, これらの包絡された G_s を採用することが規定されている[第10第2項第三号ハ]。

以上の改正点を考慮して, 文献5の地盤1を例題として計算を行った。計算条件は以下のように設定した。

- a) 固有値解析はJacobi法を用いる。
- b) 土の非線形特性はROモデルとHDモデルの2ケースとする。
- c) 表層地盤の減衰定数 h は, ROモデルでは収束計算後の h に0.8倍を考慮し, HDモデルでは考慮しないものとする。
- d) 一次元波動論による伝達関数(解放工学的基盤に対する表層地盤地表面の変位振幅比)は, 精算法による多層地盤の等価物性値を用いて計算した。
- e) 一次元等価線形解析(以下, SHAKE)を実施した。ROモデルを用いた解析では, 収束後の各地層の減衰定数のみを0.8倍した後に線形計算を行っている。入力地震動は, 標準加速度応答スペクトルをターゲットとした一様乱数により作成した模擬地震動波形10波としている。

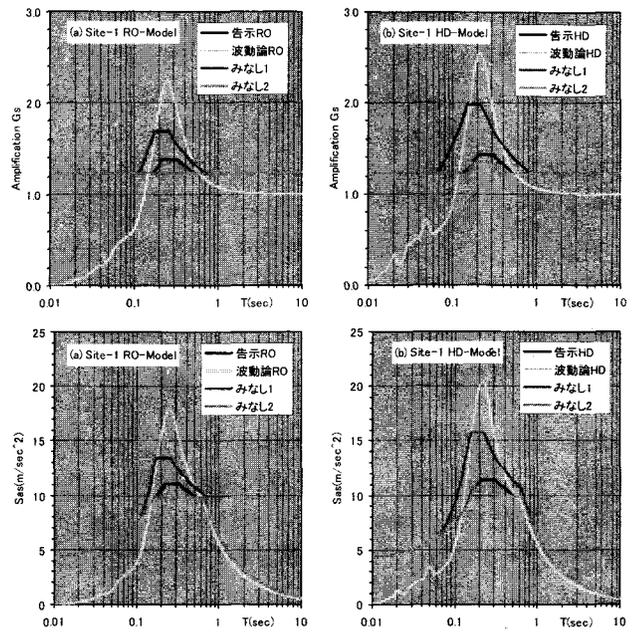


図6 GsおよびSasの比較例

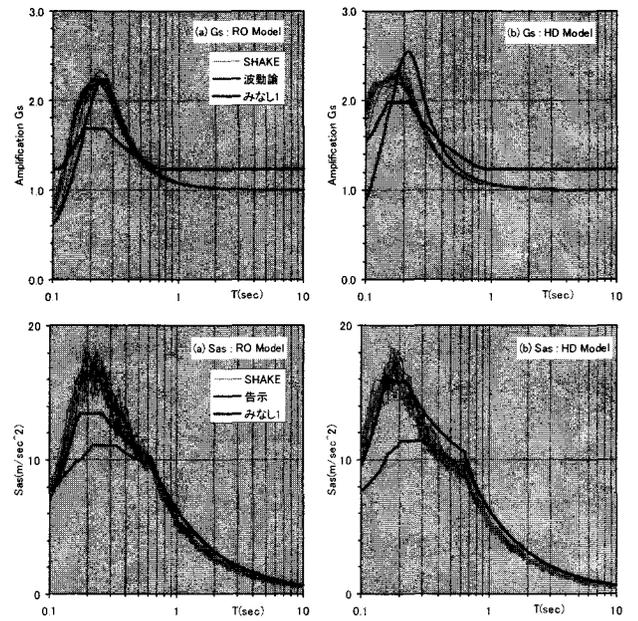


図7 SHAKEとの対応例

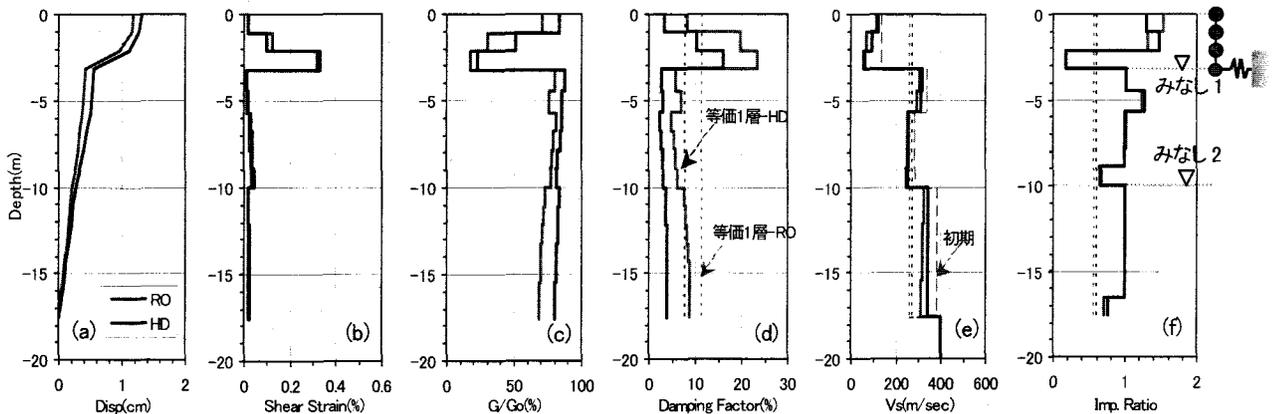


図5 最大応答値分布の比較

精算法による安全限界時の計算結果を表2に示す。本モデルは弾性時1次固有周期が0.23秒で比較的硬質の地盤であり2種地盤に分類される。ROとHDとのモデルの相違による影響は、1次固有周期の評価に表れている。

地盤の最大応答値の分布をROモデルとHDモデルを比較して図5に示す。この地盤モデルでは、地表面付近のGL-3.2mまでの砂質土に非線形性が集中していることがわかる。ROとHDモデルの違いはG/Goおよび減衰定数で見られるが、せん断歪、S波速度では大きな差異は見られない。みなし工学的基盤はGL-3.2m(みなし1)とGL-10m(みなし2)の2箇所て算定した。

表2 精算法の計算結果

	弾性時	安全限界時	
		RO	HD
T_1 (sec)	0.231	0.275	0.260
T_2 (sec)	—	0.092	0.087
V_s (m/sec)	304	255	271
α	0.653	0.548	0.581
G_{S1}	—	1.379	1.423
G_{S2}	—	0.927	1.058
h	—	0.113	0.077
収束回数	—	9	7

図6に表層地盤の増幅率および減衰定数5%の地表面の加速度応答スペクトル Sas の比較を示す。波動論による G_s は両モデルとも告示法より大きく評価されている。 G_s はGL-3.2m(みなし1)の結果が全体を包絡している。

なお、精算法の一般的な傾向として、表層地盤の層厚が薄く比較的硬質な場合においては、地盤の卓越周期付近における増幅率および加速度応答スペクトルの算定結果は、SHAKEとのそれとの対応はよくないことが文献7において指摘されており、本例においてもそのような傾向が見られる。SHAKEによる増幅率(SHAKEで算定された等価物性値を用いる)および加速度応答スペクトルを精算法の結果と比較した結果を図7に示す。この解析においては、HDモデルの方がSHAKEの加速度応答スペクトルとの対応がよい結果となっている。

2.4 表層地盤増幅率のデータベース構築例¹⁴⁾

内閣府に設置されている中央防災会議から公開されている地盤データ(以下、公開データ)を利用して告示精算法による G_s を算定し、そのデータベース構築を試みた。入手した38都府県182,343個の公開データを処理し、計算結果は表計算シートを利用するものとした。表示例を図8に示す。建設地のメッシュコードを入力することによって、弾性時固有周期 T_0 、液状化指数PL値、損傷限界時および安全限界時それぞれに対する T_1 、 T_2 、 G_{S1} 、 G_{S2} を表示し、 G_s と周期 T との関係を1種および2種地盤の告示簡略法とともにプロットして示している。

告示法に基づいた木造建物の耐震補強設計¹⁵⁾に本デ

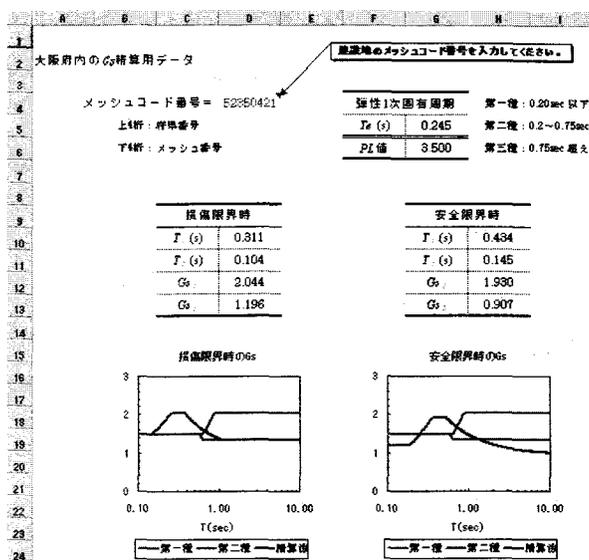


図8 データベースの表示例

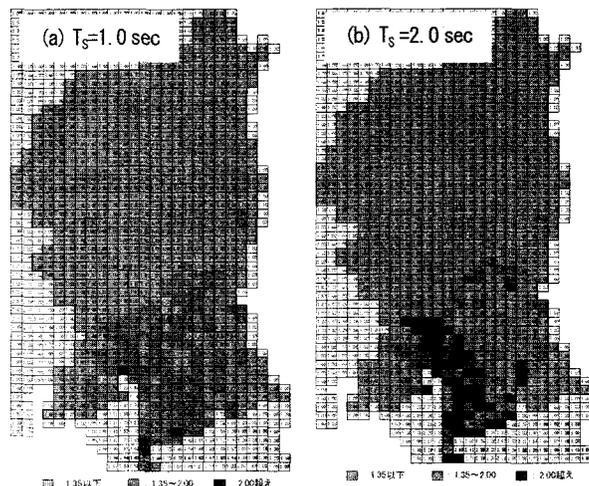


図9 安全限界固有周期に対応する G_s の分布

ータベースを利用するにあたっては、当該建設地に隣接する複数のメッシュの G_s を限界変形角に対応する周期から求め、そのうちの最大の G_s を採用する方法を提案する。また、地盤が比較的良好な場合、告示精算法による Sas は小さく評価される傾向にあり、架構の必要耐力を過小に評価しないための処置として、本データベースから得られる G_s に対して、損傷限界時と同様に安全限界時においても告示簡略法での1種地盤の増幅率 $G_s=1.35$ を下限值として設けるものとしている。

本データベースは、個別建物への適用のみならず、公開データの本来の主旨から広域的な耐震補強計画に利用することも考えられる。図9は、京都市を例として、伝統的な構法による木造住宅の耐震補強計画に対する利用を想定して、安全限界固有周期 T_S に対応する G_s の分布を算定した例である。同図(a)は $T_S=1.0$ sec、(b)は $T_S=2.0$ secの場合である。これらの G_s 分布図の利用方法としては、
i) 限界変形角をあらかじめ複数設定して安全限界固有

周期 T_S を求める, ii) 種々の T_S に対する分布図の中から i) で設定した T_S に対応する G_S を読み取る, iii) この G_S に基づいて応答せん断力を算定し, 補強工法や補強材の概算数量を把握する, iv) 必要に応じて詳細な検討を個別に行う, のようなフローが考えられる。

林ら¹⁶⁾は性能評価用地震荷重に必要な要件として, i)耐震診断結果の妥当性, ii)耐震補強の要求水準の妥当性, iii)経済性と略算性, iv)適法性を挙げ, 図 4(c)で示した粘性土で代表した略算式を京都市域における京町屋の耐震補強設計へ適用することの妥当性を示している。

なお, 本データベースに関しては, 木造建物に限定した利用は想定しておらず, 免震告示の採用の可能性を検討する場合において, その基本設計に利用することも念頭に入れて作成したものである。

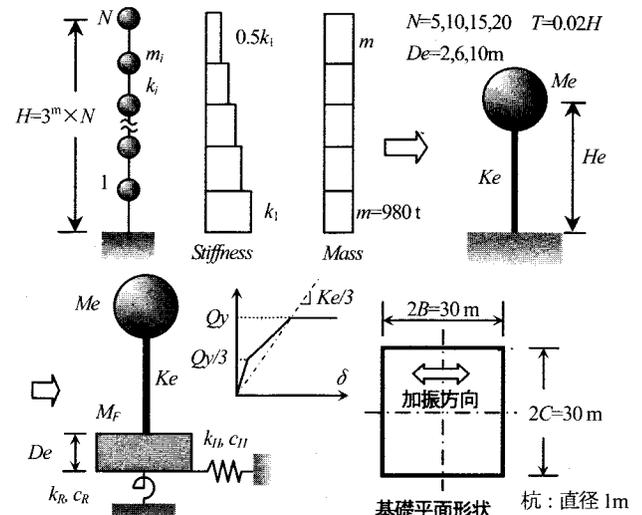


図 10 解析モデル

§ 3 告示法の相互作用効果の算定精度

動的相互作用が建物に及ぼす影響としては, 慣性の相互作用と入力相互作用の 2 つがある³⁾。地震時の建物の応答は, 固有周期と減衰によって支配されるが, 慣性の相互作用においては, 建物の固有周期と減衰定数が影響を受ける。これらは動的インピーダンスの導入によって考慮される。一方, 建物に地下部分(建物の基礎あるいは地下階で地表面より下にある部分)が存在すると, 地下部分は周辺地盤に比べて非常に剛性が高く変形しにくいために地盤変形を拘束し, 地表面での地震動に比べて地下部分に入力される地震動は小さくなる特性がある。これが入力の相互作用である入力損失と呼ばれる現象であり, この入力地震動は基礎入力動と呼ばれている。基礎入力動は無質量剛体基礎の地震時応答に相当し¹⁷⁾, スウェイ・ロッキング (SR) モデルの入力地震動となるものである。

ここでは, 図 10 の解析モデルと図 11 の地盤モデルを用いて, インピーダンスおよび基礎入力動について検討した結果の一部を示す。告示法の結果を検証するために, エネルギー伝達境界を有する軸対称有限要素法解析(以下, AX-FEM)を用いることとした。

3.1 慣性の相互作用

(1) 地盤ばねおよび減衰定数

スウェイおよびロッキングのばね定数および減衰定数は, 告示法を用いて損傷限界時および安全限界時ごとに算定した。すなわち, 地盤ばねに関しては, コーンモデルを簡略化した算定法から静的ばね定数を求めた¹⁾。各地盤モデルにおける $De=6m$ の場合の限耐法と AX-FEM (振動数 0 近傍の値) の水平および回転方向の静的地盤ばねの比較を図 12(a),(b)に示す。告示法の評価は AX-FEM に対して実用上十分な精度を有していると考えられる。また, 減衰定数に関しては, 直接基礎の静的

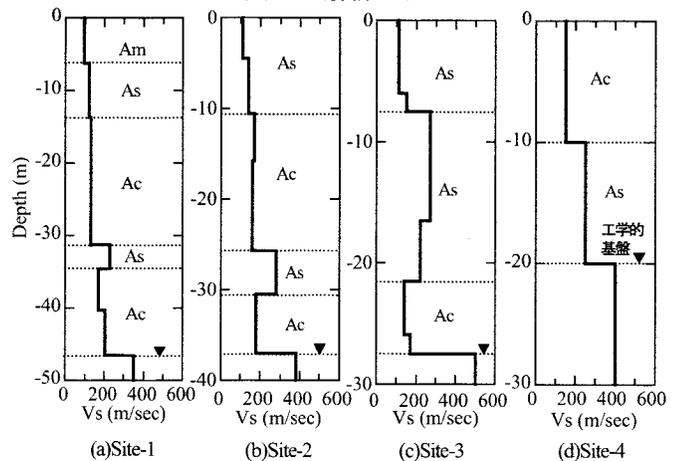


図 11 地盤モデル (As: 沖積砂, Ac: 沖積粘土, Am: 沖積シルト)

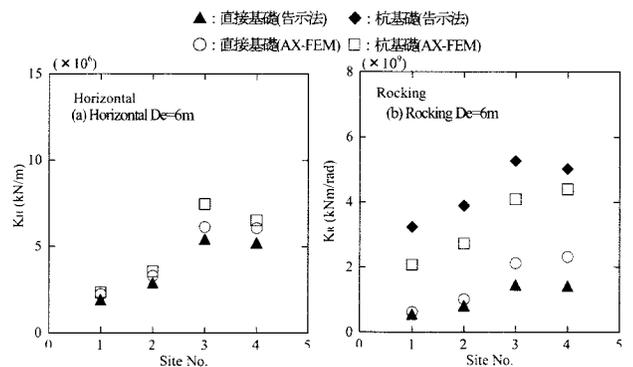


図 12 損傷限界時の静的地盤ばねの比較: $De=6m$

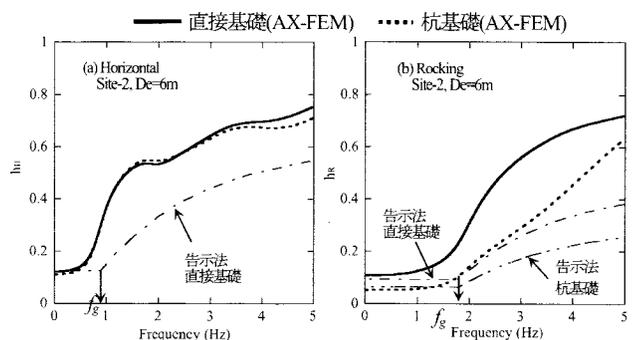


図 13 損傷限界時の減衰定数の比較: Site-2

地盤ばねの実部と虚部から算定し、杭基礎は直接基礎の減衰定数に基づいて簡略的（水平方向は直接基礎の値、回転方向は直接基礎の回転方向の値の2/3倍）に評価¹⁾している。1例としてSite-2の $De=6m$ の場合の告示法とAX-FEM（ここでは $h=\sin\{0.5\tan^{-1}(K'/K)\}$ で算出した。ただし、 K ：実部、 K' ：虚部である）の減衰定数の水平および回転方向の比較を図13(a),(b)に示す。告示法では、地盤の固有振動数（図13中 f_g ）以下の領域において減衰定数が一定（以後、減衰定数の一定領域と呼ぶ）となる傾向を比較的良好に評価し、また、高振動数領域では減衰定数をAX-FEMより低く評価していることがわかる。

(2) 連成系固有周期

1例として $De=6m$ の場合の固有値解析から求めた連成系の1次固有周期 T_e および基礎固定時の1次固有周期 T_0 に対する連成系の1次固有周期の比 T_e/T_0 をそれぞれ図14(a),(b)に示す。実線は直接基礎、破線は杭基礎を表している。地盤との相互作用を考慮することにより、建物の1次固有周期は基礎固定時と比較して伸びることになるがこの傾向は最も軟弱な地盤モデルであるSite-1が顕著である。また、低層建物ほど連成系の固有周期の伸び率は大きくなっている。直接基礎と杭基礎を比較すると、杭基礎の方が連成系の1次固有周期および周期の伸び率が小さい。これは、直接基礎よりロッキングばねが増加した影響が現れたものである。また、埋込み深さの影響を別途検討し、埋込み深さが大きくなるほど側面地盤ばねも大きくなり基礎の拘束効果が増加して固有周期の伸び率は小さくなることを確認している。

(3) 連成系の等価減衰定数

連成系の等価減衰定数を、告示法で規定されている式(2)で算定した。地盤ばねおよび減衰定数は損傷限界時の値を用いている。

$$h = h_b \left(\frac{T_B}{T_e} \right)^3 + h_{sw} \left(\frac{T_H}{T_e} \right)^3 + h_{ro} \left(\frac{T_R}{T_e} \right)^3 \quad (2)$$

ここで、 h_b 、 h_{sw} 、 h_{ro} はそれぞれ、建築物の等価周期における上部構造の等価減衰定数、スウェイ固有周期における水平変位に対応した等価減衰定数、ロッキング固有周期における回転変位に対応した等価減衰定数、また、 T_e 、 T_B 、 T_H 、 T_R はそれぞれ、連成系の固有周期、基礎固定時の固有周期、スウェイ固有周期、ロッキング固有周期である。図15にSite-2とSite-4の算定結果を示す。Site-2のような軟弱な地盤上の低層建物ほど減衰定数は大きく算定されており、これまでの一般的な知見と符合している。また、Site-4では、10階以上で等価減衰定数は一定値となっている。これは、地盤が比較的硬質なために地盤周期が短くなることにより減衰定数一定領域が広くなり10階以上のモデルの連成系周期がこの領域にあるためである。

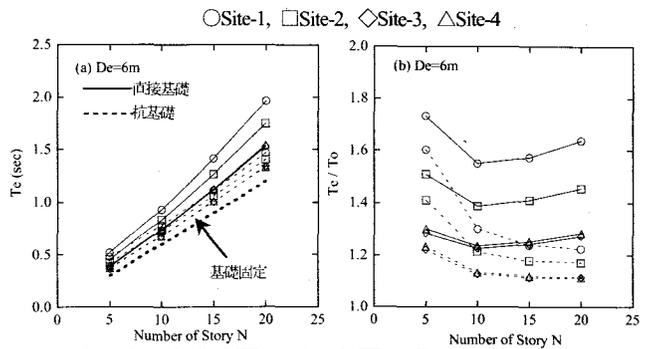


図14 連成系固有周期と固有周期の伸び率: $De=6m$

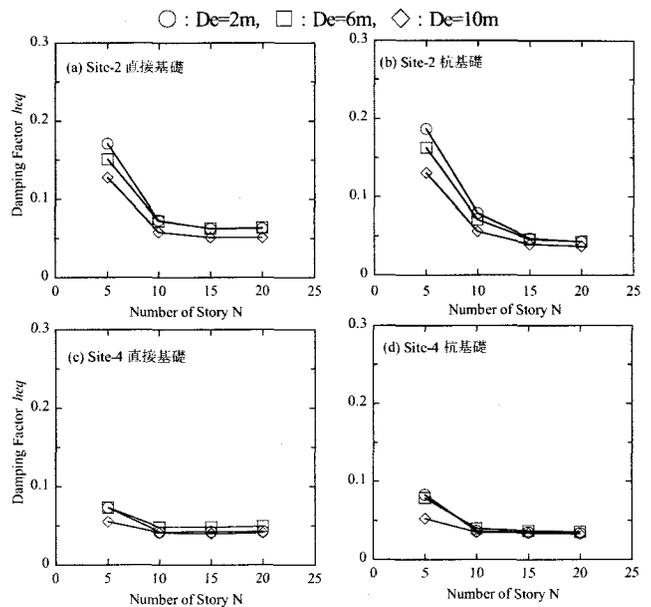


図15 連成系の等価減衰定数

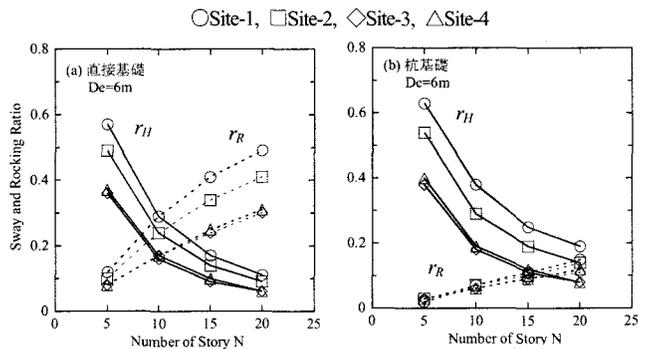


図16 スウェイ率 r_H およびロッキング率 r_R : $De=6m$

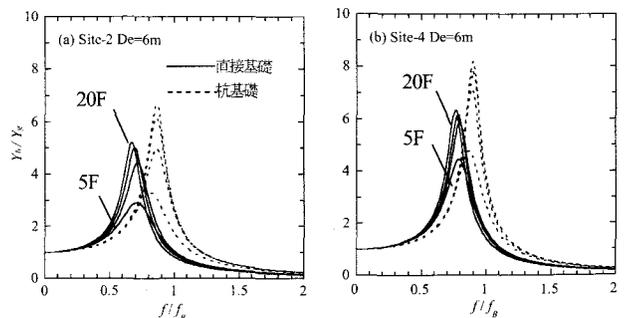


図17 共振曲線: $De=6m$

(4) 変形比率および共振曲線

建物の応答は、基礎の水平変位およびロッキング角による変位と建物自体の変形が合成されたものである。ここで、等価1質点系SRモデルの質点頂部の応答に寄与する基礎の水平変位とロッキング角に建物等価高さを乗じた変位の割合をスウェイ率 r_H およびロッキング率 r_R と定義する。図16に $De=6m$ の場合の地盤モデルごとの r_H および r_R と建物階数の関係を、直接基礎と杭基礎別に示す。直接基礎の場合は、建物階数の増加とともに、スウェイ率の減少とロッキング率の増加が見られる。地盤モデルの影響を見ると、軟弱な地盤ほどスウェイ率とロッキング率の占める割合が大きくなっている。杭基礎の場合も、直接基礎と同様の傾向を示すが、高層建物の場合でかなりロッキング率が抑えられており、上部構造の変形の占める割合が大きくなっている。

次に、1質点系SRモデルに調和地動が作用した場合の、上部構造質点の変位振幅と地動の変位振幅の比を求めた。ここでは、解析解が容易に得られるように基礎質量を無視したモデルを用いて検討した。図17に Site-2 と Site-4 の $De=6m$ の場合の結果を示す。横軸は加振振動数と建物の基礎固定時の1次固有振動数の比を表わしている。変位振幅比は直接基礎より杭基礎の方が大きく、また、Site-4 では図15に示したように等価減衰定数が小さく算定される影響が見られる。

3.2 入力相互作用

(1) 告示法での基礎入力動の算定精度^{18~19)}

筆者らが行ったAX-FEMによる結果との対比から、告示法の基礎入力動の算定精度および基礎入力動の近似的な評価手法であるSHAKEによる自由地盤の基礎底位置での加速度波形(E+F)波(E:上昇波, F:下降波)との対応に関する要約は以下の通りである。

- 1) 自由地盤地表面に対する基礎底面中心位置の伝達関数 U_F/U_S を算定した。直接基礎の場合は、埋込み深さ De が深くなるほど自由地盤の地表面より応答振幅が小さくなる。一方、杭基礎では高振動数領域で応答振幅が直接基礎より大きくなる。これは、非線形性のために剛性が低下した地盤に比べて、相対的に剛性が高い杭を通して地震動が伝播していることに対応しており、地盤の非線形化が進行する安全限界時においてより顕著となる。
- 2) 基礎入力動の時刻歴波形を算出し、その加速度応答スペクトルを算出した。 De が2m程度では埋込み効果は期待できないことが確認された。また、各埋込み深さにおいて直接基礎と杭基礎の基礎入力動の差は概ね0.5秒より短周期領域で若干認められるが、これより長周期領域ではほぼ同一の評価となっている。
- 3) 告示法の埋込みを考慮した加速度応答スペクトルは、

AX-FEM およびSHAKEの結果と比較すると、地盤の1次固有周期 T_1 より長周期領域での対応は良好であるが、 T_1 より短周期領域、特に地盤の2次固有周期 T_2 付近においては増幅率に下限値を設定しているためにかなり安全側の評価となる。

- 4) 基礎入力動を近似的に評価したSHAKEによる自由地盤の基礎底位置での加速度波形(E+F)波の加速度応答スペクトルは、概ね地盤の1次固有周期 T_1 と2次固有周期 T_2 間での周期領域で小さく評価される場合がある。
- 5) 告示法によって算定される等価物性値を用いて設定した等価2層地盤モデルに対して基礎入力動を算定した。その結果、多層地盤モデルとの対応は概ね0.5秒以下の短周期領域を除いて大きな差異はないことが確認された。

(2) 告示法での相互作用係数 β の特性

告示法での相互作用係数 β の特性をAX-FEMによる結果との比較から考察する。

図18に示すように、S波速度200(m/sec)の表層地盤(沖積シルト)とS波速度400(m/sec)の工学的基盤で構成された2層地盤(弾性1次固有周期 $T_G=0.4$ sec)に、 30×30 mの正方形直接基礎を深さ10mまで埋め込んだ条件で解析を行った。AX-FEMは、地表面の応答 U_S に対する基礎入力動 U_F の伝達関数 (U_F/U_S) を算定した。

告示法の相互作用係数 β とAX-FEMの結果を図19に示す。これを見ると告示法の β は、告示精算法による自由地盤の1次固有周期 ($T_1=0.62$ sec) 付近で最小値となり、入力損失を最も大きく評価しているのに対し、AX-FEMにおいては2次固有周期 ($T_2=0.21$ sec) 付近で最小値となり、1次固有周期付近より入力損失を大きく評価している。この2次固有周期付近で、告示法はほぼ $\beta \approx 1.0$ となり入力損失効果を考慮できていない。このため告示法では入力損失による低減効果が小さく安全側の評価となるが、AX-FEMと短周期領域での対応は良くないと言える。

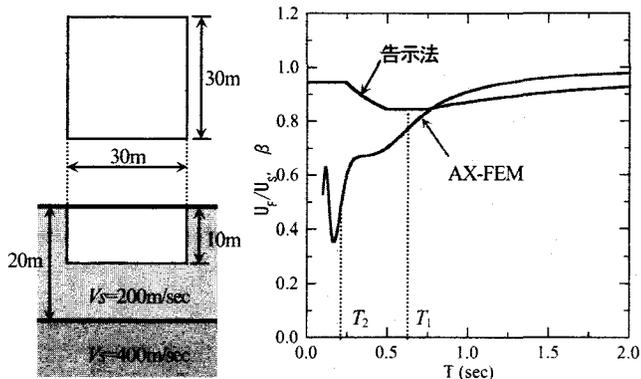


図18 解析モデル

図19 相互作用係数 β の比較

(3) 告示法の課題

告示法の設計用入力地震動に関しては、表層地盤の増

幅率の評価と基礎埋込みによる入力低減の評価、の2つの視点から考える必要がある。まず、表層地盤の増幅率の評価を考える。建築物への入力地震動となる告示法の地表面の加速度応答スペクトル S_{as} は、極短周期を除いた 1.0 秒以下の短周期領域では許容応力度等計算の第 2 種地盤の 2 次設計用地震荷重を地盤条件に関わらず上回り、さらに、この周期帯域に表層地盤の固有周期がある地盤条件での S_{as} は過大評価となる。図 4(a) に示すように、地盤の 1 次固有周期の変動幅は 20% に設定され、さらに 1 次と 2 次の固有周期の間の G_s が直線近似されており、波動論の G_s に比べて過大に評価されていること、また、許容応力度等計算での地震力である $R \cdot C_0 \cdot g$ とのキャリブレーションを取るために増幅率に下限値を設定していることが過大評価の主たる要因と考えられる。

次に基礎埋込みによる入力低減の評価を考える。前節の検討からも明らかなように入力損失を評価する相互作用係数 β に関しても、短周期領域で過大評価となるために、基礎入力動は大幅な過大評価となる。これは β の算定の際、(i) 工学的基盤上の地盤増幅率を 1.0 としていること、(ii) 地表面と工学的基盤の間で地盤増幅率を直線分布としていること、(iii) 2 次固有周期付近の入力損失を考慮できていないこと、などが関係しているものと考えられる。

(4) 相互作用係数 β の提案

上述した 3 つの要因に注目してそのおのおのに対して合理的に改善し新たな相互作用係数 β の評価法 (以下、提案法) の構築を試みた。

まず、(i) については、解放工学的基盤に対する内部基盤面の伝達関数 G_B を式(3)で評価するものとする。

$$G_B = \frac{1.57h}{1.57h + \alpha} \tag{3}$$

次に(ii)および(iii)に関しては、図 20(b) に示すように地表面と工学的基盤上の間の地盤増幅率の分布を直線分布から固有モード形に修正し、かつ、1 次～2 次モードまで

考慮するものとし、地表面位置においてはそれぞれ 1 次増幅率 G_{S1} および 2 次増幅率 G_{S2} とする。

また、告示法での側面地盤ばねの設定位置は、地表面の増幅率 G_s を用いて定式化の簡略化を図るために、図 20(a) に示すように地表面位置としている。提案法では図 20(b) に示すように、基礎底面と基礎側面位置の地盤増幅率 $\{G_s(De), G_s(De/2)\}$ を算定するものとする。この地盤増幅率と基礎底面と側面で算定される水平地盤ばね (K_{hb}, K_{he}) を考慮して、告示法と同様の方法で式(4)により、1 次の相互作用係数 $\beta(T_1)$ および 2 次の相互作用係数 $\beta(T_2)$ を求める。式(4)において、 $i=1$: 1 次モード、 $i=2$: 2 次モードであることを示す。

$$\beta(T_i) = \frac{K_{hb} \cdot G_{Si}(De) + K_{he} \cdot G_{Si}(De/2)}{K_{hb} + K_{he}} \cdot \frac{1}{G_{Si}} \tag{4}$$

全周期帯の $\beta(T)$ は式(5.1)～(5.3)を用いて算定する。図 21 に示すように、2 次固有周期までは $\beta=1.0$ と $\beta(T_2)$ を直線近似[式(5.1)]、2 次固有周期と 1 次固有周期の間は $\beta(T_2)$ および $\beta(T_1)$ を直線近似し[式(5.2)]、1 次固有周期より長周期領域は、告示法の増幅率の算定法に基づいて求めたもの[式(5.3)]である。

① $0 \leq T < T_2$

$$\beta(T) = \frac{\beta(T_2) - 1.0}{T_2} \cdot T + 1.0 \tag{5.1}$$

② $T_2 \leq T < T_1$

$$\beta(T) = \frac{\beta(T_1) - \beta(T_2)}{T_1 - T_2} \cdot T + \frac{\beta(T_2) \cdot T_1 - \beta(T_1) \cdot T_2}{T_1 - T_2} \tag{5.2}$$

③ $T_1 \leq T$

$$\beta(T) = \frac{\beta(T_1) - 1.0}{\frac{1.0}{T_1} - 0.1} \cdot \left(\frac{1.0}{T} - \frac{1.0}{T_1} \right) + \beta(T_1) \tag{5.3}$$

基礎の埋込みによる入力地震動の低減を考慮した設計用加速度応答スペクトル S_{as} は次式によって算定される。

$$S_{as}(T, h) = \beta \cdot G_s \cdot S_{ao}(T, h = 0.05) \tag{6}$$

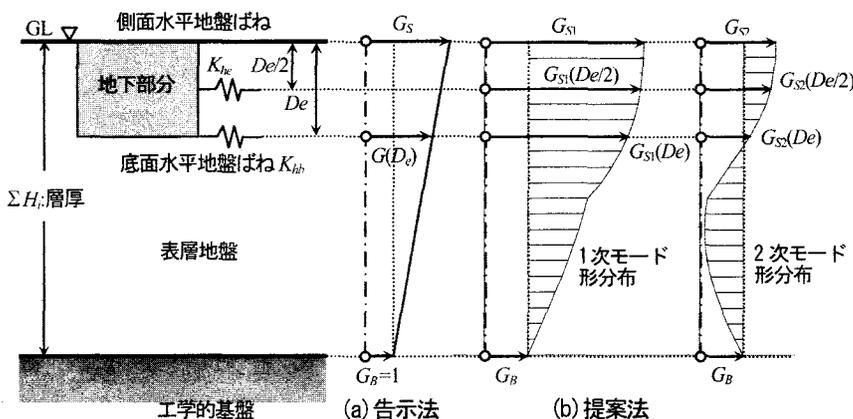


図 20 告示法および提案法の概要

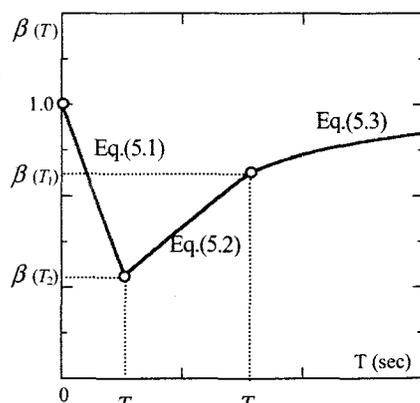


図 21 全周期帯の相互作用係数 $\beta(T)$

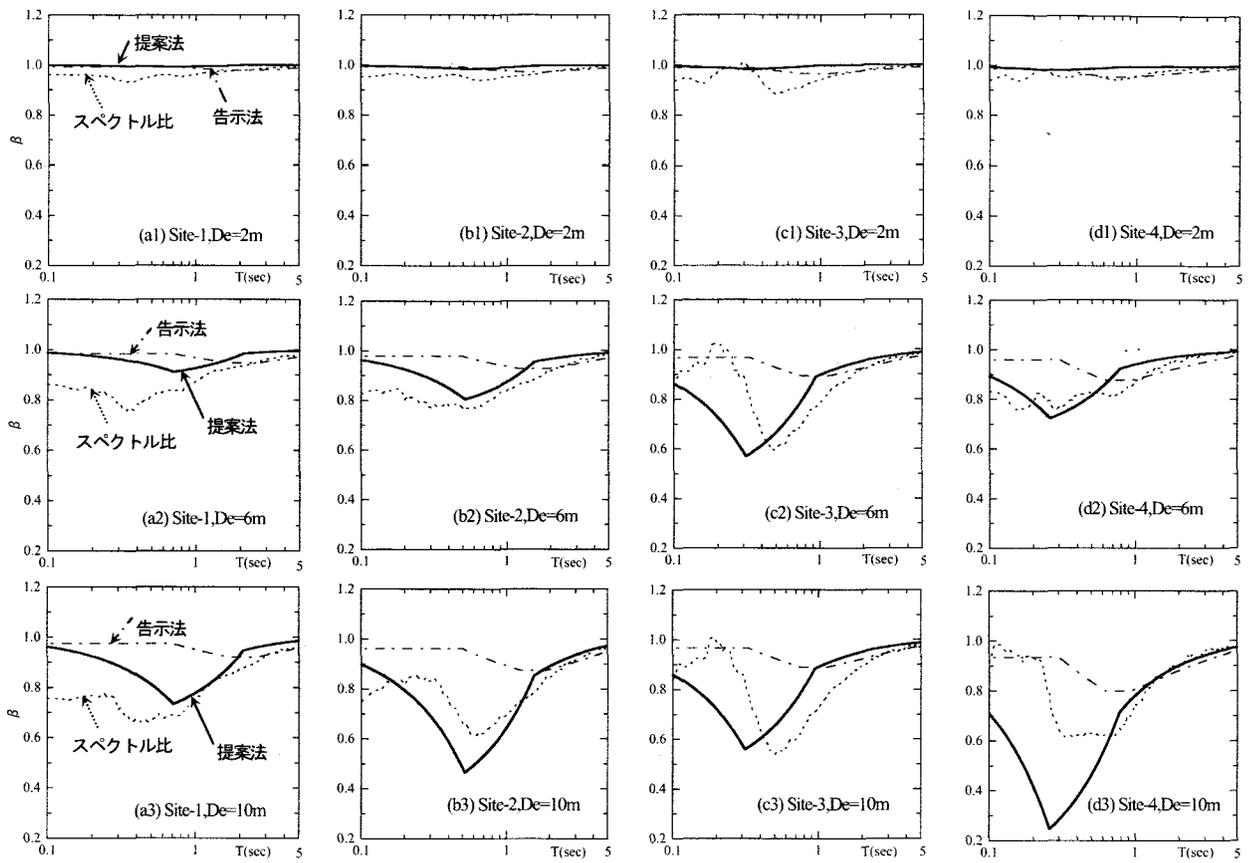


図22 直接基礎の相互作用係数 β の比較 (安全限界時, スペクトル比=AX-FEM/SHAKE)

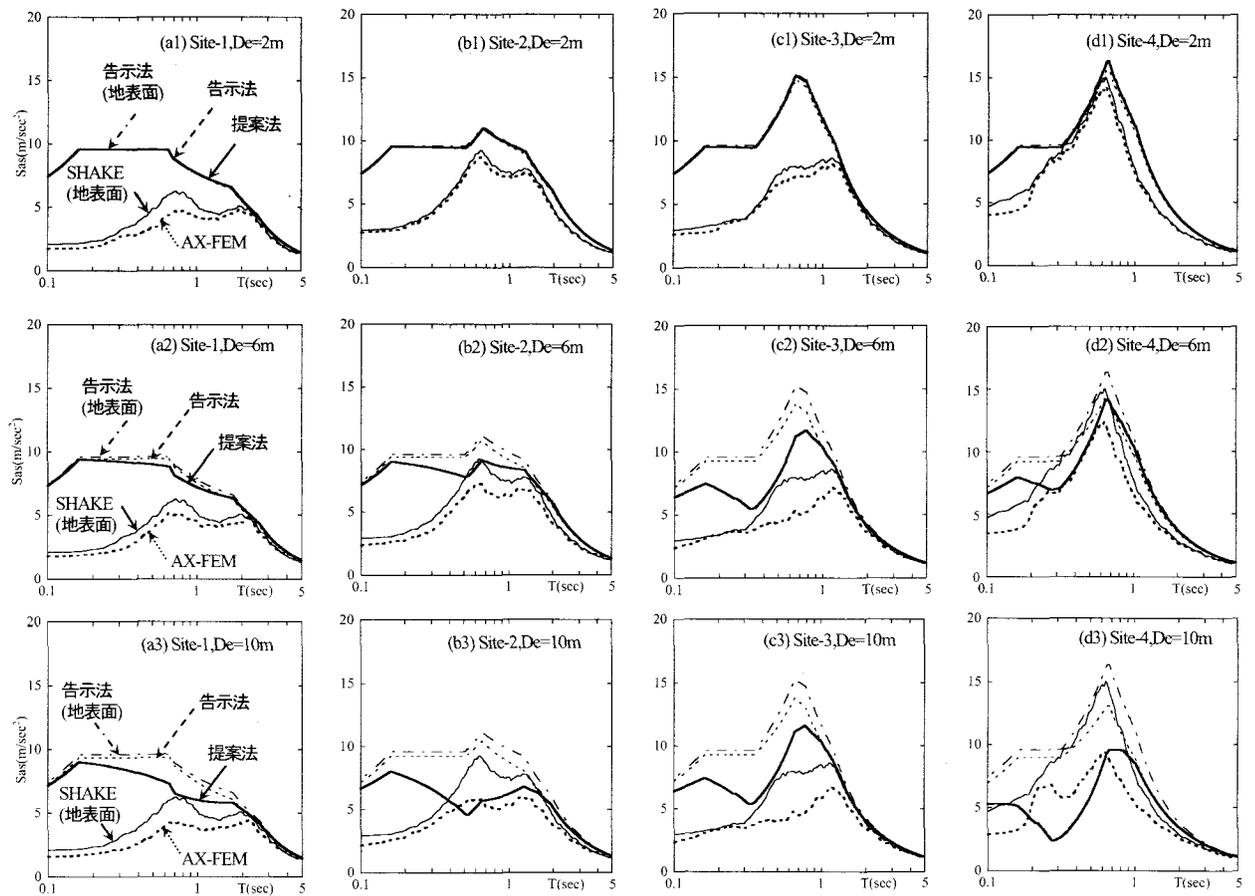


図23 直接基礎の加速度応答スペクトルの比較 (安全限界時)

(5) 算定結果

図11 に示す地盤モデルを対象にして、直接基礎の場合の相互作用係数 β の計算結果を告示法と比較して図22 に示す。図中のスペクトル比は、提案法と比較するために、SHAKEによる自由地盤地表面の加速度応答スペクトルに対する基礎底面位置でのAX-FEMによる基礎入力動の加速度応答スペクトルの比として表示している。この図を見ると、基礎の埋込み深さが基礎梁程度である $De=2m$ ではどの地盤条件においても入力損失効果は期待できないことがわかり、提案法は告示法と同程度に評価している。埋込み深さが大きくなる条件においては、地盤条件Site-1～Site-4に対して提案法は精算法との対応が良い。特に、 $De=10m$ の基礎条件では、告示法では考慮できていなかった2次固有周期付近の入力損失を表現できており、精算法との対応が非常に良い。ただし、表層地盤の層厚が20m と薄い地盤条件Site-4の $De=10m$ においては、2次固有周期の相互作用係数 β を精算法よりも小さく評価しており、入力損失が若干大きく危険側の評価となっている。これは表層地盤の層厚が薄く、基礎の埋込みが深い場合、提案法では2次モード形の影響を大きく受け、基礎底面位置と地表面の増幅率の差が非常に大きくなるからである。

図23 に直接基礎の場合の基礎入力動となる基礎底面位置の加速度応答スペクトル Sas を示す。 Sas の算定結果は、図22 で見られた相互作用係数 β の結果を直接反映したものとなっている。すなわち、提案法は、地盤条件Site-1～Site-4 の埋込み条件 $De=2, 6m$ に対して精算法との対応が良く安全側の評価となっており、告示法で見られる短周期領域での過大評価は概ね改善されている。しかし、地盤条件Site-4の $De=10m$ において、相互作用係数 β の過小評価の影響を受け、2次固有周期付近で精算法の Sas を若干下回り、危険側の評価となっている。

§ 4 耐震設計用地下震度の提案²⁰⁾

建築物の基礎あるいは地下階で地表面より下にある部分（以下、地下部分）は地震時に相互作用の影響を最も強く受ける部位である。図24 に現行設計法における基礎および杭の設計用地震力の関係を示すが、地表面での震度 $0.1Z$ (Z : 地域係数) は、相互作用効果を陽に取り入れたものではなく、上部構造のせん断力係数の1/2としてこれまで慣用的に用いられてきた値であり、その設定に関しては明確な理論的根拠は示されていない¹⁹⁾。

実務設計における2次設計用の地下震度は、上部構造1階のベースシア係数に相当する構造特性係数 Ds の1/2と設定しているのが慣例である。また、告示第2009号のいわゆる告示免震での下部構造の設計用地震力の算定においては、施行令の地下震度を2倍することが規定され

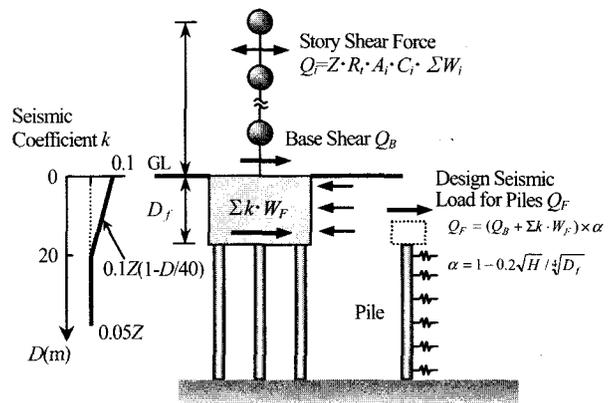


図24 現行設計法における設計用地震力

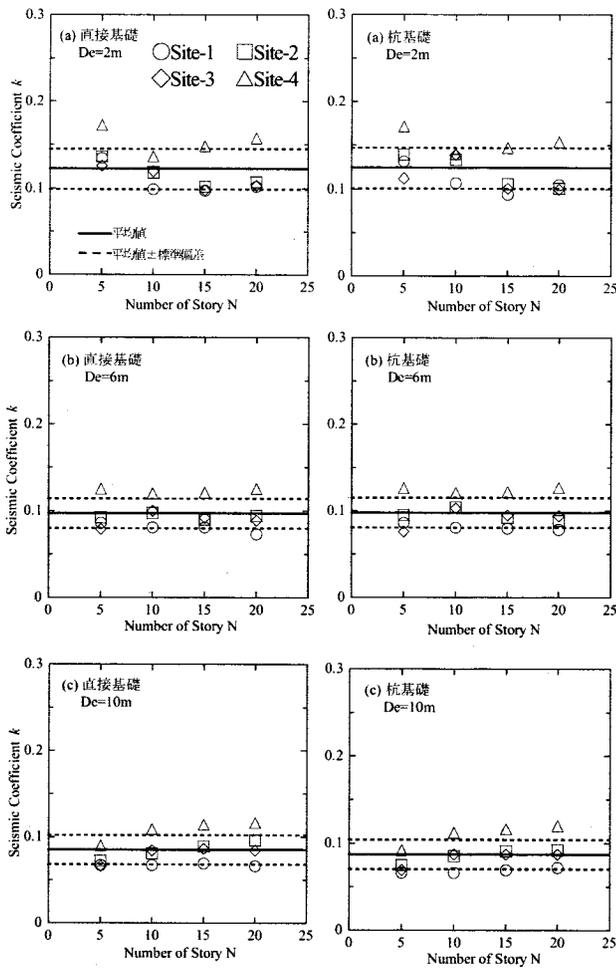
ている。従来から地下部分の2次設計に関しては、部材の塑性化を許容しない強度確保を原則としているが、上述のように、現状では合理的に地下震度を設定する根拠が存在しない状況である。筆者らは、図10のSRモデルおよび図11の地盤モデルを用いて基礎入力動を入力とした地震応答解析結果から、地下震度と基礎の埋込み深さの関係式を算定した。

4.1 損傷限界時での地下震度

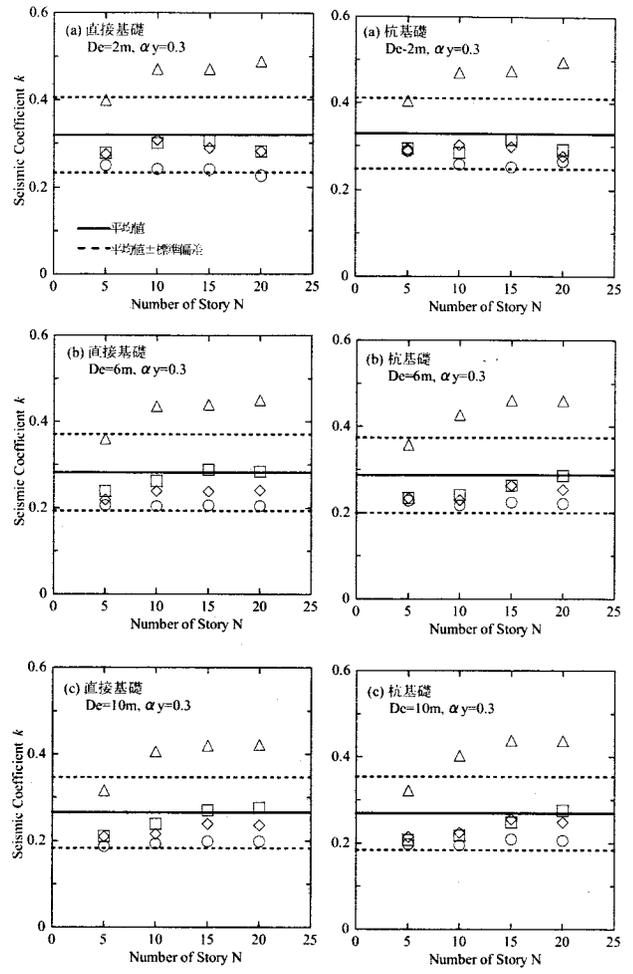
地下震度 k は、スウェイばねの応答せん断力 $Q_B(t)$ と上部構造の応答せん断力 $Q_S(t)$ を時刻歴上で差し引いた値を基礎重量 ($=M_f \cdot g$) で除し、その最大値として式(7)で評価した。

$$k = \text{Max} \left(\frac{Q_B(t) - Q_S(t)}{W_F} \right) \quad (7)$$

図25 に地下震度と建物階数の関係を、それぞれ直接基礎と杭基礎別に示す。解析結果は、模擬地震動10波に対する応答値の平均値として整理した。これより、地下震度は建物階数の違いによるばらつきはあまり顕著ではないことがわかる。これは、設定した地盤モデルに関係なく入力地震動のレベルが比較的小さいため、次節の安全限界時の場合とは異なり地盤の非線形性の影響が相対的に小さいことによるものと考えられる。また、埋込み深さ De が深くなるほど地下震度は小さくなり、地盤モデルおよび建物階数に関係なく一定値に収束する傾向が認められ、直接基礎と杭基礎の違いによる地下震度の分布はほぼ同じと見なすことができる。解析結果から地下震度の平均値および標準偏差(括弧内数値)を求めると、直接基礎では $De=2.0m : 0.122(0.023)$, $De=6.0m : 0.097(0.017)$, $De=10.0m : 0.085(0.017)$, また、杭基礎に関しては、 $De=2.0m : 0.124(0.023)$, $De=6.0m : 0.098(0.017)$, $De=10.0m : 0.087(0.017)$ となる。図25中に、平均値および平均値±標準偏差を示した。以上のように、損傷限界時における地下震度の分布は、地盤モデル、建物階数および基礎形式に関係なく、埋込み深さ De の増加とともに



(a) 直接基礎 (b) 杭基礎
 図25 損傷限界時の地下震度と建物階数の関係



(a) 直接基礎 (b) 杭基礎
 図26 安全限界時の地下震度と建物階数の関係
 (瞬間剛性比例型減衰, $\alpha_y=0.3$)

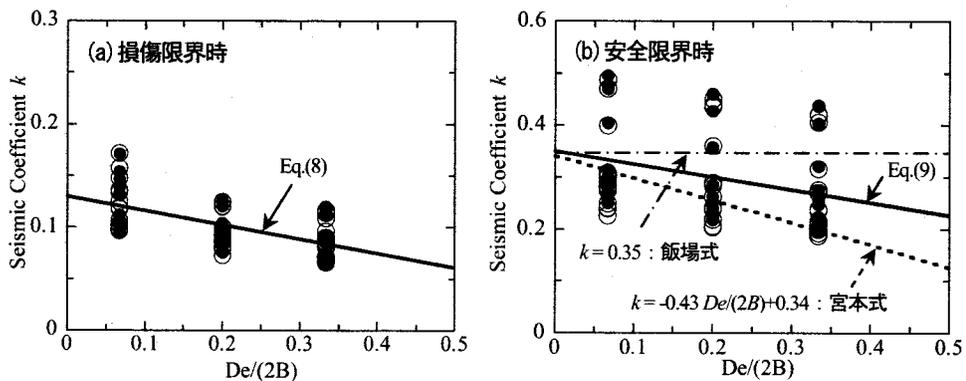


図27 地下震度と埋込み深さ比の関係 (○: 直接基礎, ●: 杭基礎)

に小さくなる傾向が認められた。ここでは、施行令での地下震度の規定および文献 22 で提案されている算定式が、埋込み深さあるいは埋込み深さ比の関数となっていることを勘案して、損傷限界時および安全限界時とも地下震度を埋込み深さ比の関数として表わす方針とした。ここで「埋込み深さ比」は、地震動の加振方向の基礎幅 $2B$ に対する埋込み深さ De の比 $De/(2B)$ として定義される。

損傷限界時の解析結果の全データ (データ数 96) から地下震度と埋込み深さ比の関係を 1 次回帰式で近似すると式(8)の算定式が得られる。

$$k = -0.14 \left(\frac{D_e}{2B} \right) + 0.13 \quad (8)$$

図 27(a) に地下震度と埋込み深さ比との関係を式(8)と

ともに示す。これより、施行令の規定に対応する地表面 $De/(2B)=0$ での震度は $k=0.13$ となり 30%大きく算定される。

4.2 安全限界時での地下震度の分布

次に安全限界時の解析結果を示す。ここでは、紙面の関係で解析結果のうち、瞬間剛性比例型減衰で降伏せん断力係数 $\alpha_y=0.3$ の場合の地下震度と建物階数との関係を直接基礎と杭基礎別に図 26 に示す。

全体的には De が増加すると、地下震度は小さくなる傾向は損傷限界時と同様である。また、図では示していないが、降伏せん断力係数 α_y が大きいほど、直接基礎より杭基礎の方が地下震度は大きくなる傾向を示した。ただし、損傷限界時の場合と異なり、安全限界時では各ケースとも地下震度の分布はかなりばらついている。特に地盤モデル Site-4 での地下震度が大きく算定されている。これは、他の 3 地盤モデルに比べて、入力地震動のレベルが大きいこと、また、地盤の減衰定数が小さいこと、スウェイ率およびロッキング率が小さく上部構造の変形の占める割合が大きく相互作用効果が顕著でないこと、などの影響によるものと考えられる。

上部構造の減衰の評価を弾性剛性比例型にした場合および上部構造の復元力特性を原点指向型に設定した場合の解析を追加し地下震度に及ぼす影響を検討した結果、地表面基礎に相当する $De=2m$ では図 26 に示す解析ケースと比較して若干差がみられるものの、 De が増加すると大きな差異は認められなかった。地下震度は地下部分の最大応答加速度を変換した物理量であるが、この最大応答加速度は周辺地盤の応答に強く依存するため、上部構造から受ける慣性力の影響は相対的に小さくなるためと考えられる。

以上の検討より、安全限界時の場合も損傷限界時の場合と同様に全データ（データ数 288）に対する平均的な評価を行うものとする、地下震度と埋込み深さ比との 1 次回帰式として式(9)が得られる。

$$k = -0.25 \left(\frac{D_e}{2B} \right) + 0.35 \tag{9}$$

これらの関係を $\alpha_y=0.3$ の地下震度の分布とともに図 27(b) に示す。図中には、飯場による提案式²¹⁾ (一点鎖線) および超高層建物に対して導かれた宮本による回帰式²²⁾ (点線) をプロットした。式(9)と宮本式と比較すると、地表面ではほぼ同一の値となるが、本提案式の方は埋込み比が大きくなるとやや大きい地下震度を与える結果となっている。また、現行設計法で慣用的に設定されている上部構造1階の構造特性係数 D_s の 1/2 の値あるいは 1 次設計時の 2 倍の値より大きく評価される。

§ 5 杭の耐震設計への適用²³⁾

杭基礎の設計体系は、2 次設計の規定が整備されていないために 1 次設計が主体となっている。しかし、大地震時における基礎構造のクライテリアの設定の重要性は、これまでの震害経験から明白である。また、基礎構造は実務設計において経済性（イニシャルコスト）が特に要求される部位であるが、要求性能との整合性について言えば、経済性が優先されるケースも多々存在する。

ここでは、地盤震動を考慮する場合において、実務設計での簡便性を優先し、告示精算法による表層地盤の非線形増幅率の算出過程で求められる地盤変位を利用する方針とし、杭周地盤ばねの評価法が単杭の 1 次設計用応力に及ぼす影響を検討した結果を示す。

5.1 解析方法

建物モデルおよび地盤モデル（図 28）は文献 24 を参考にした。杭は 1 柱 1 杭とし、杭径 120cm、杭長 20m の場所打ちコンクリート杭である。杭の設計用地震力は、4 章で提案した地下震度の算定式を用いた（杭 1 本当り 232 kN）。杭の境界条件は杭頭固定（地表面位置とする）、杭先端ピンと仮定する。

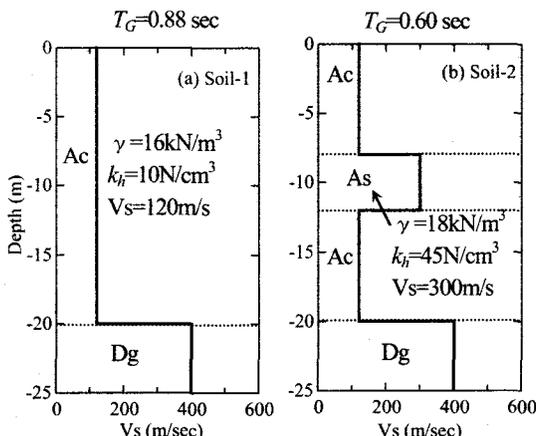


図 28 地盤モデル (Ac : 沖積粘土, As : 沖積砂)

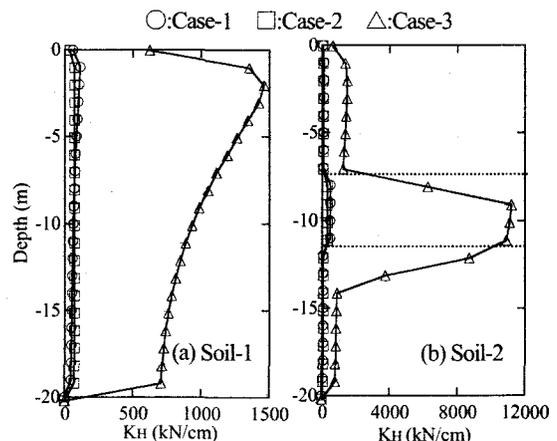


図 29 地盤ばねの比較

杭応力算出時の地盤ばね定数は、地盤の非線形性を考慮して低減させた表3に示す各算定式を用いて3ケースを設定した。表中の低減率 G/G_0 は告示精算法による自由地盤解析から得られるせん断剛性低下率を意味する。なお、式(11)は、杭見付け幅の投影平面に対する平均変位として評価したものである。

表3 地盤ばねの算出

ケース	水平地盤反力係数	低減率
Case-1	AIJ慣用法 ²⁵⁾ : 式(10)	G/G_0
Case-2		一律に0.6
Case-3	Mindlin第2解 : 式(11)	G/G_0

$$k_h = \alpha \cdot \xi \cdot E_0 \cdot \bar{B}^{-3/4} \quad (10)$$

ここで、 \bar{B} : 無次元化杭径, $\alpha=60$ (粘性土), 80 (砂質), $\xi=1.0$ とする, $E_0=700N$: 変形係数, $N : N$ 値

$$u_x = \frac{1}{16\pi G(1-\nu)} \left[\frac{(3-4\nu)}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{2cz}{R_2^3} + \frac{4(1-\nu)(1-2\nu)}{(R_2+z+c)} \right] \quad (11)$$

ここで、 G : せん断弾性係数, ν : ポアソン比,

$$R_1 = \sqrt{y^2 + (z-c)^2}, \quad R_2 = \sqrt{y^2 + (z+c)^2}$$

なお、文献5ではより実用的な次式で表される Francis の式を用いることを提案している。

$$k = \frac{1.3E_s}{1-\nu} \left(\frac{E_s B^4}{E_p I_p} \right)^{1/12} \quad (12)$$

ここで、 E_s : ヤング係数 ($=2(1+\nu)G$), $E_p I_p$: 杭の曲げ剛性

5.2 自由地盤解析および地盤ばねの算出結果

自由地盤の解析は表層地盤を1mピッチで分割して行った。告示法と比較するために、地表面最大加速度を 100cm/sec^2 とした三浦・古山田の方法²⁶⁾ および SHAKE による応答解析 (等価線形解析の収束計算後の各地層の減衰定数のみを0.8倍して線形解析を実施) を追加した。地盤の非線形特性は、大崎・原モデルを採用した。SHAKE の入力地震動は標準加速度応答スペクトル S_{ao} をターゲットとして作成した模擬地震動10波とした。損傷限界時の地盤の1次固有周期 T_G を図28に示す。両地盤モデルの最大相対変位および G/G_0 の解析結果を図30, 31(a),(b) に示す。告示精算法による地表面変位は Soil-1 : 2.81cm, Soil-2 : 1.76cm であり SHAKE の約1.5~2倍の大きさとなっており、三浦らの算定手法の結果が SHAKE の上限値となっている。告示法による解析結果を用いて算出した各ケースの地盤ばねの比較を図29に示す。Mindlin の第2解から求めた地盤ばねが圧倒的に大きくなる特徴を

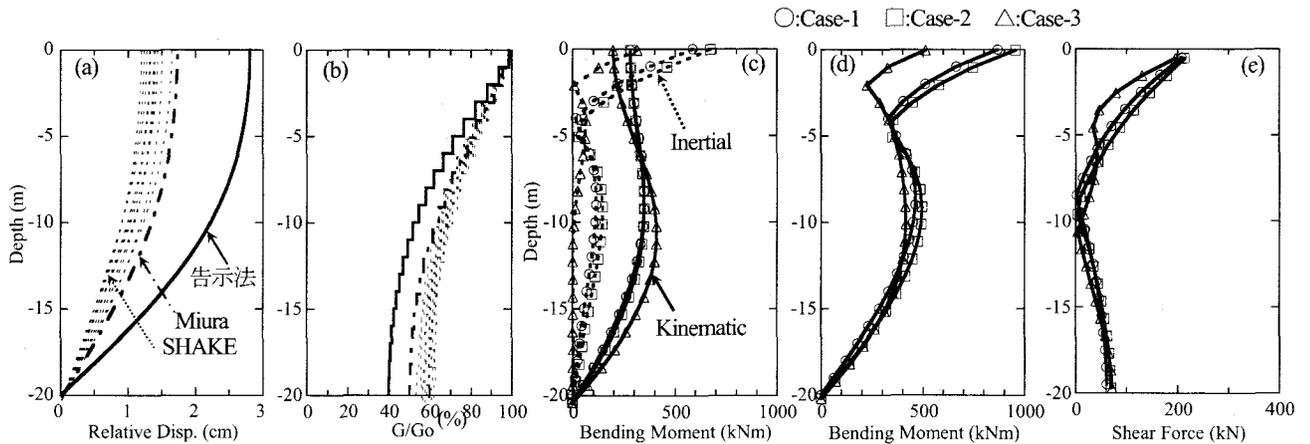


図30 Soil-1の地盤変位, G/G_0 および杭応力

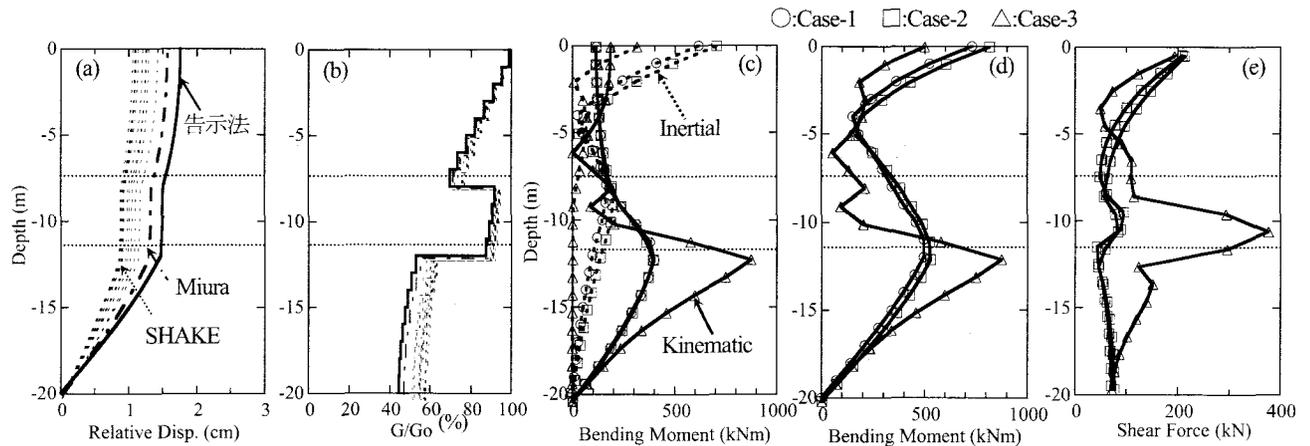


図31 Soil-2の地盤変位, G/G_0 および杭応力

示している。

5.3 杭応力の算出結果

杭応力は、伝達マトリクス法を用いて算出した。両地盤での杭の応力分布を図 30, 31 に示す。各図において(c)は杭頭集中荷重時 (Inertial) と地盤変位時 (Kinematic) の曲げモーメント分布を示している。(d)は絶対値和として評価した曲げモーメントの合成値を、(e)はせん断力の絶対値和を示している。

杭頭集中荷重時の曲げモーメントは、Case-1, 2 で両地盤とも地盤ばねの低減率の設定の違いによる影響は顕著ではなく、地中部を含めてほぼ同程度であるが、Case-3 では他の 2 ケースより小さく評価されている。この傾向は、地盤変位時の応力においても同様に見られる。杭頭集中荷重時の応力に関しては、地盤ばねの評価の違いによって地層構成の変化が反映されないことが問題であると考えられる。応力の合成値に関しては、Soil-1 では杭頭部を除いて 3 ケースで大きな差異は生じていないが、Soil-2 の Case-3 では、剛性急変部下部の GL-12m で曲げモーメントが集中し、他の 2 ケースより約 2 倍の大きさとなり、また、せん断力も GL-8~12m の間で最大値を示し、地盤ばねの評価の違いが大きく影響する。既往の研究において指摘されているように、杭頭集中荷重に対しては地盤ばねが小さいほど杭頭の設計用応力は安全側の評価となるが、地盤変位に対しては特に地層の剛性急変部での設計用応力に対しては逆に危険側の評価を与えることが本検討においても確認された。

§6 まとめ

以上、本報告では構造設計実務において建物と地盤の相互作用効果を組み込むことを目的としたいくつかの試みについて紹介した。

限界耐力計算が施行されて数年が経過するが、種々の改良に対する課題も提起され始め、その運用面にはなお改善の余地が残されている。構造設計に相互作用効果を積極的にかつ正しく導入するために必要となる要因に着目した取り組みが今後も継続されることが望まれる。

一方で、今回の法令改正によって、建物と地盤の相互作用に対する関心が、設計現場から急速に薄れた感がある。動的相互作用解析の目的が、従来からの基礎固定条件による耐震解析モデルをより現実的なモデルへ近づけることによって、設計用地震荷重あるいは設計用応力を評価することであると捉えるならば、構造設計者サイドにもこのテーマの重要性を再認識する必要があるものと考えられる。

謝辞

本報告における内容は、広島大学大学院工学研究科社

会環境システム専攻 教授・三浦賢治先生のご指導のもとに行っているものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省建築研究所編著：改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景，ぎょうせい，2001.3
- 2) 国土交通省住宅局建築指導課 他編集：2001 年度版限界耐力計算法の計算例とその解説，工学図書，2001.3
- 3) 日本建築学会：入門・建物と地盤との動的相互作用，1999.6
- 4) 日本建築学会・構造委員会振動運営委員会・基礎構造系振動小委員会：やさしい地盤と建物の動的相互作用解析プログラム，2001.3
- 5) 日本建築学会：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計，2006.2
- 6) 有木寛江・林康裕・南宏一・井上豊：限界耐力計算法による設計建築物の保有耐力分析～表層地盤の増幅特性と相互作用効果の評価について，日本建築学会技術報告集，第 18 号，pp.61-66，2003.12
- 7) 三浦賢治・古山田耕司・飯場正紀：応答スペクトル法による表層地盤の非線形増幅特性の解析法，日本建築学会構造系論文集，第 539 号，pp.57-62，2001.1
- 8) 三浦賢治：限界耐力計算法の導入にあたって考えたこと一表層地盤増幅と動的相互作用効果一，第 32 回地盤震動シンポジウム，pp.71-78，2005.1
- 9) 境有紀・津野靖士・工藤一嘉・壁谷澤寿海：改正建築基準法の解放工学的基盤波を想定した表層地盤増幅特性の簡便評価法，日本建築学会構造系論文集，第 565 号，pp.73-78，2003.3
- 10) 林康裕・森井雄史・鬼丸貞友・吉川正隆：限界耐力計算法における地盤増幅係数評価に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 567 号，pp.41-46，2003.5
- 11) 泉洋輔・三浦賢治：応答スペクトル法による設計用地震荷重評価に関する一考察，第 11 回日本地震工学シンポジウム，pp.781-784，2002.11
- 12) 泉洋輔・三浦賢治：限界耐力計算における設計用地震荷重評価の変動が架構の必要耐力に及ぼす影響，日本建築学会技術報告集，第 19 号，pp.91-94，2004.6
- 13) 古山田耕司・宮本裕司・三浦賢治：多地点での原位置採取試料から評価した表層地盤の非線形特性，第 38 回地盤工学研究発表会，pp.2077-2078，2003.7
- 14) 泉洋輔・横田友行・貝谷淳一：限界耐力計算に基づく木造建物の耐震補強設計への利用を目的とした表層地盤増幅率のデータベース構築，日本建築学会技術報告集，第 24 号，pp.83-87，2006.12
- 15) 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル，限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法，学芸出版社，2004.3
- 16) 林康裕・森井雄史：性能設計用地震荷重の設定事例～京町

- 屋の耐震診断用地震荷重の提案～, 2007 年度日本建築学会大会構造部門(振動) PD 資料, pp.59-66, 2007.9
- 17) 三浦賢治: 基礎への地震入力評価および地盤・構造物連成解析, 建築技術, pp.94-107, 1997.3
- 18) 泉洋輔・三浦賢治: 限界耐力計算における基礎入力動に関する考察, 日本建築学会技術報告集, 第 23 号, pp.91-96, 2006.6
- 19) 泉洋輔・三浦賢治: 限界耐力計算における基礎入力動評価の合理化に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 616 号, pp.57-65, 2007.6
- 20) 泉洋輔・三浦賢治: 基礎の耐震設計地下震度に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 597 号, pp.47-53, 2005.11
- 21) 飯場正紀・許斐信三: 基礎構造に作用する地震力の考え方, 「大断面 RC 基礎部材の強度・変形性能」, 2006 年度日本建築学会大会構造部門(RC 構造) PD 資料, pp.3-13, 2006.9
- 22) 宮本裕司: 基礎の地震荷重と相互作用, 「地震動と地震荷重を繋ぐー現状と将来の課題ー」, 2002 年度日本建築学会大会構造部門(振動) PD 資料, pp.36-46, 2002.8
- 23) 泉洋輔・三浦賢治: 応答変位法における地盤ばね評価が杭応力に及ぼす影響(その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2, pp.475-476, 2005.9
- 24) 許斐信三・松尾雅夫・杉村義広: 応答変位法, 「杭基礎の耐震性に関する諸問題」, 建築基礎の設計施工に関する資料 6, 日本建築学会, pp.135-150, 2000.4
- 25) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 2001.10
- 26) 三浦賢治・古山田耕司: 杭の地震時応力の実用的な解析法, 日本建築学会構造系論文集, 第 537 号, pp.53-60, 2000.11

医療現場で利用できる方言データベースの開発

(人文社会系分野) 岩城裕之

Development of dialect database for medical scenes

(Faculty of Humanities and Social Sciences) Hiroyuki IWAKI

Abstract

In Hirosaki (Aomori Pref.), when a patient talks with a dialect, young doctors and nurses often cannot understand it. I developed a dialect database to solve it. We can search a dialect word by using this database, by the methods such as partial agreement searches.

On the other hand, in Toyama Pref., meanings of "tekinai" and "ui" are different in Goto area (eastern part of Toyama) and Gosei area (western part of Toyama). This regional variation is not known to doctors and nurses. I produced the poster which called for attention.

Key Words : dialect database, Toyama Dialect, Hirosaki Dialect, Regional variation,
方言データベース 富山方言 弘前方言 地域差 方言主流社会

§ 1 はじめに

言語調査を行うと、医療現場で医師に方言が通じなかったという経験談を各地で聞くことができる。例えば、青森県弘前市では、「ボノゴカラ ヘナガ イデ。(後頭部から背中が痛い。)」を、医師にお盆の頃から背中が痛いと理解されたという話や、「ヤマエ イク (あの世へ行く)」を文字通りに受け取られ、「登山ができるくらい元気になった」と誤解されたといった例が聞かれる。前者の例の場合、後頭部から背中にかけての鈍痛は脳血管障害が疑われ、地元の医師であれば見過ごすことのできない表現である。

また、これとは逆に、方言をあまりよく知らない若い医師が、患者にそこへ横になってくれという「ノタバリへ。(横になってください)」のつもりで、「クタバリへ」と言ってしまう、逆に患者を傷つけてしまったという例も聞かれる。そのため、医療現場で方言を使っはいけないという教育も、医学教育では行われているという。

しかし、よりよい医療のためには、方言がコミュニケーションのバリアにならないことこそが重要である。患者の側も、自分の日常語である方言で話をし、それがき

ちんと伝わることは、医療を受けることの安心感につながるであろう。

筆者らは科学研究費補助金を得て、広島、富山、高山、弘前などで、医療や介護場面でどのような方言が重要で、どのような解決策が考えられるのかという調査、研究を行ってきた。経験的には予想されることではあったが、地域によって問題の内容が異なり、それに応じて解決策も異なることがわかってきた。

例えば富山では、県の東部と西部で「テキナイ」「ウイ」の意味差がある。それが医療従事者にあまり知られていなかったことを受け、注意喚起の手引きを作成した。

また、弘前方言は紙メディアの方言集では検索しにくい特徴を持つ。そこで、部分一致検索が可能な方言データベースをインターネット上に構築した。

本稿は、富山と弘前で行った調査をもとに、2地域で行った取り組みについて報告する。

§ 2 各地のアンケート調査

2.1 富山アンケートの方法

富山大学医学部の新鞍講師の協力の下、実施した。

実施時期 2007年11月

対象者 富山大学医学部看護学科の4年生 65名
(老年看護実習, 在宅看護実習, 地域看護実習を終えた学生)

2.2 弘前アンケートの方法

弘前では2種のアンケート調査を実施した。

まず, 弘前福祉短期大学の横浜教授に協力を得て, 弘前学院大学文学部今村かほる准教授が実施した。これを弘前調査①とする。

実施時期 2008年3月

対象者 弘前福祉短期大学2年生 94名

次に, 弘前学院大学文学部今村かほる准教授が単独で行った調査である。これを弘前調査②とする。

実施時期 2008年9月～2009年2月

対象者 弘前市内の病院に勤務する看護師 37名
いずれのアンケートの結果も, 今村(2009)による。

§3 2地域のアンケート結果の比較

3.1 実習で方言がわからなかった経験の有無

「実習中, 患者さんの話す方言でわからなかったことがありますか?」に対し, 「ある」「ない」のいずれかを選択してもらった。この質問文は, 富山調査, 弘前調査で実施した。

富山調査では, わからなかったことがあるのは32.4%, わからなかったことがないのは67.6%であった。方言がわからなかったことがあると答えた学生はほとんどが富山県外出身で, わからなかった経験を持つ学生の約67%を占める。一方, 方言に困らなかった学生農地, 県外出身者はわずかで, それも, 石川, 福井, 岐阜といった, 富山県に隣接, もしくは近い地域の学生であった。

一方, 弘前調査①では, 方言がわからなかったことがあるのは48%, わからなかったことがないのは52%であった。

弘前調査②では, わからなかったことがあるのは59.4%, なかったのは32.4%, 無回答が8%となった。

富山に比べ, 弘前のほうが方言の理解に困難を要していることがわかる。その理由として, 弘前が方言主流社会であること, 世代差が大きいことなどに加え, いわゆる「ズーズー弁」で聞き取りにくい方言であることなどが推察される。

3.2 どのような語が必要か

では, それぞれの地域で看護師として働く場合, どの

ような語を知っておくのが良いのだろうか。

まず, 富山の場合である。「富山県で看護師として働く場合, どのような語を覚えておくと良いと思いますか?」に対して, 複数回答を可として自由記述を求めた。あがった語のうち, 上位にあがったものを表1として示した。

表1 富山調査における「知っておきたい語」

1位	ダヤイ (疲労, 倦怠感)	17名
2位	ウイ (満腹, 息苦しい)	16名
3位	ナーン (いいえ)	14名
4位	テキナイ (苦しい)	6名
5位	～シラレ (～しなさい), カタイ子 (まじめな子)	4名
6位	ツカエン (問題ない)	3名
7位	ケナルイ (うらやましい), キノドクナ (ありがたい), ～ケ (～か), ～ナガ (～なのだ)	2名

主に, 体調を表す語が上位にあがっている。看護場面で重要な語であると思われる。

その他, 「なーん」は「いいえ」, 6位の「つかえん」は「支障ない, 問題ない」の富山方言であるが, 看護場面では「〇〇をしてもいいですか?」という看護師の問に対して「イエスカノーか」は重要な事柄であり, 「イエス, ノー」に関して共通語形とは異なる語形は注意を要するようである。

同様の調査を弘前調査②で実施した。ただし, 自由記述ではなく, あらかじめ準備した語彙リストの中から, あてはまるものに印をつける形式で行った。その結果を, 表2として示した。

表2 弘前調査における「知っておきたい語」

1位	イデ (疼痛), ヤム (鈍痛, 自発痛), ヘズネ (苦しい)	21名
2位	ケ (痒い)	18名
3位	ンダ (そうだ), アンベ (具合), ハバゲル (嘔気)	17名
4位	ニヤニヤ (しくしくする腹痛), ムヘル (むせる), カチャクチャネ (憂鬱, こんがらがる, いらいらする)	16名
5位	ツヅラコ (帯状疱疹), ノドツマリ, アベワリ (具合が悪	15名

6位	い), ニヤメグ (腹痛), ボノゴ (後頭部) シタハンデ (そうなので), コエ (疲労感), サビ (寒い), シタバッテ (そうだけど), マナグ (目)	14名
----	--	-----

基本的には富山同様、体調を表す語や、「イエス、ノー」といった応答に関する語が多くあがっている。これらの語は、地域に関係なく、看護場面で重要な語群であると言える。

3.3 方言を使うことは必要か

富山調査では、「看護場面で、方言の使用はよいことでしょうか、悪いことでしょうか」という質問を行った。回答は「良い」「良くない」「どちらでもない」の3択で求めた。

その結果、「良い」という回答が78.5%、「良くない」という回答が1.5%、「どちらでもない」が18.5%となった。「どちらでもない」という回答のコメントには、「関係を作ってから徐々に方言にするのがよい」「一概には言えない」といったものがあつた。

弘前調査②では、もう少し具体的な質問を行った。まず、「医師や看護師はその土地の方言を理解できたほうがよいと思いますか」という質問を行った。これに対して、「はい」が97%という高い率を占めた。その理由の自由記述も求めた。「わからないと診察にならない人もいる」「標準語だと通じない」「(患者は)自分の症状を方言で説明するから」「細かいニュアンスまで伝わるから」「患者の訴えを理解しやすい」「方言を使った方が意思疎通がスムーズに行くから」「会話がスムーズに進む」といった記述が見られた。

また、「患者さんと話す時方言を使いますか」という質問に対して「はい」「いいえ」で回答を求めた。その結果、「はい」が68%、「いいえ」が24% (残りは無回答)となった。方言を使わない人と回答した方のコメントは「他県出身で上手く話せないから」「使えないから」「わからないから」「昔、方言を間違っで使っで怒った患者さんがいると聞いたから」「相手の方に失礼になるかもしれないから」といったものである。使わないという場合、実際には使いたいけれど、方言を知らないので使えないというのが実情であろう。

逆に、方言を使っている回答者のコメントでは「患者さんの話し方に合わせて」「自然に」「年配の方は、方言を使った方が意思疎通がスムーズに行くから」「方言でないと通じない時がある」「その方が通じる、伝わりやすいから」「年齢によっては方言でしか表現できない方もいるから」といったものである。

富山調査と全く同じ質問文ではないため、単純な比較はできない。しかし、あえて比較してみると、弘前方言では事情があつて使えない人以外、基本的には方言を使うことが必要とされていると考えられる。

一方、富山調査の「関係を作ってから方言を使う」といったコメントには、弘前にはない余裕が感じられる。関係を作ってから方言を使うということの裏には、無理に方言を使わなくても、日常の意思疎通には支障がないということがあるのではないか。弘前のように、「方言でない通じない」というコメントはみられないのである。その点では、方言で苦勞することのあまりない富山と、日常生活で方言使用が必須ともいえる弘前には、方言理解の必要性という点で、富山よりも切実であると考えて良いのではないだろうか。

3.4 アンケート調査にみる地域差

医療現場における方言理解について、富山と弘前でアンケートを実施、比較を行つてきた。

その結果、富山よりも弘前のほうが方言理解の必要度が高いことがわかつた。地域差の可能性がある。

また、体調を表す語彙、「イエス、ノー」の応答表現は、地域を問わず、医療従事者が知っておきたい語であることが指摘できる。

§ 4 県内での方言差という「問題」

—富山方言の事例—

4.1 調査対象語彙と調査方法

表1の結果を受け、これまでの報告、方言集などから、体調を表す以下の語を対象とした。体調不良を表す語彙である。

ウイ、エライ、オブイ、ダヤイ、ダルイ、テキナイ、ヒドイ

調査は、話者にそれぞれの語を提示し、意味の説明や例文を提示していただくという形をとつた。その後、これらの語の意味差を確認していった。

話者としたのは、各地域で70歳代の生え抜きの女性を中心にした。調査地点は呉東、呉西の各2地点、計4地点である。

呉東 (富山県東部)

魚津市住吉, 富山市熊野

呉西 (富山県西部)

砺波市油田, 氷見市加納

調査地点は、東から西へ並んでいる。また、呉西の中心都市である高岡市の調査については、今後の課題である。

4.2 呉東（富山県東部）魚津市住吉方言の場合

魚津では、「ウイ」「オブイ」「ヒドイ」「テキナイ」「エライ」「ダルイ」の6語を得た。

○タバスギタ ネー。○オブイ ネー。(食べ過ぎたねえ。オブイねえ。)

「オブイ」は、満腹になって、動くのが苦しい時にしばしば聞かれる。

一方、体の不調を訴える場合は「ウイ」である。

○ウーテ ウーテ カナワン。(つらくてつらくてたまらない。)

○ウイッテ ユーノワ カラダガ ヒドイッテ コトデ ショー。(ウイというのは体がひどいということでしょう。)

○シンゾーガ ツマリゾーダッテ コトダカラ。(心臓が詰まりそうだと言うことだから。)

○(心臓だけでなく) ゼンタイテキナ カラダノ ヒド サヤ ダルサマデ。(全体的な体のひどさやだるさまで言う。)

○ヨンジュード イジョー、ヒドクテ ウゴケナイ 下 キワ ウイデス。(40度以上(熱が出て)、ひどくて動けない時は「ウイ」です。)

○ウイッテ ユー コトバモ ホントニ ヒドカッター ヒョージュンゴジャチクテ ウイ。(ウイという言葉も、本当にひどかったら、標準語ではなくてウイを使う。)

胸が苦しいことがもとになり、体調が悪く、動けない状態にあることが「ウイ」である。

「ウイ」と同じように使われる語に「ヒドイ」がある。知的意味は同じだが、方言を使って気安く話せないような相手に対しては、「ヒドイ」が使われる。

○ウイネーッテ ユーヨリ ヒドイネーッテ ユー ホーガ オタガイニ トーリヤスイ。ウイネーッテ ユーノワ トモダチドーシ。(「ウイね」と言うより「ヒドイね」と言うほうがお互いに通じやすい。「ウイね」というのは友達どおし。)

「ウイ」は地元の気心の知れた友人の間で使われる。方言であるという意識が高い。

また、「テキナイ」については以下のような教示を得た。

○テキナイッテノワ ゲンキガ チイッテ ユー コト デ タベル モノモ タバラレンシ。フー ユッテ タバ バラレヨッテ ユエバー ゲンキ デルンヤケド。(テキナイというのは元気がないということで、食べるものも食べられないし。そう言って、「食べなさい」と言

って食べれば>元気がでるのだけど。)

○エー ヨーザイ アランダラ ウゴケル。(栄養剤を飲んだら動ける。)

「ウイ」と異なるのは、その回復可能性である。

○(テキナイと言った人に対して) ドリンクデモ ノマ レ ヨ。マタ ヨース ミラレ。(栄養ドリンクでも飲みなさい。<それで>また様子をみなさい。)

○(テキナイと言った人に対して) カゼ ヒクガ ジャ ナイ? (風邪を引くのではない?)

栄養剤を飲めばなおる可能性があったり、風邪の引きはじめなど、すぐに医者に行く必要があるとまでは言えない。しばらく様子を見て、次の行動を決める余裕がある。体の不調というよりも、体の内部に力がわき上がらないという状態である。

中間的なものに「エライ」がある。

○エラテ エラテ カナワン。(エラクてエラクてたまらない。)

のように、「ウイ」と同じように使われるが、「ウイ」よりも「エライ」のほうが程度としては軽いと認識されている。

○ウイワ エライガノ マダ ヒドイガヤロ。エライ ホーガ マダ スコシ カルイガ。ウイワ シンゾーモ ヒドクナッテ。(ウイはエライののまだひどいものだろう。エライのほうがまだ少し軽いよ。ウイは心臓もひどくなっている。)

○カラダオ ツカイキッタ。ホントニ ツカレタ。(体を使い切った。本当に疲れた。)

体の不調もいわゆる疲労も「エライ」であり、広く使われる。

疲労のみで使う語は「ダルイ」である。

○ムリシテ チンデモ シタラ。ツカレタ トキ。(無理して何でもしたらくなる。疲れた時。)

○スポーツカ チンカ シタ トキニ ツカレガ デテ ー、ビョウキジャチクテ ー。(スポーツか何かしたときに疲れが出て、病気ではなくて。)

○ゲンキガ デナイト ユー イミ。(元気が出ないという意味。)

オブイ 満腹になって苦しい

ウイ 体がだるい(倦怠感)

胸が締めつけられ苦しい

ヒドイ 体がだるい(倦怠感)

胸が締めつけられ苦しい

テキナイ 空腹で体に力が入らない(低血糖)

体がだるい(倦怠感)

体が疲れてだるい(疲労感)

エライ 体がだるい(倦怠感)

体が疲れてだるい(疲労感)

ダルイ 体が疲れてだるい(疲労感)

病院に行くような体調の悪さは「ヒドイ」「ウイ」の2語で示されるような状態である。

4.3 呉東(富山県東部)富山市熊野方言の場合

「ウイ」「ダヤイ」「エライ」「テキナイ」の4語を得た。

「ウイ」の意味として、まずあげられたのは胸の苦しさである。

○シンゾーガ クルジー トキ。シンゾー ウイトカ。
(心臓が苦しいとき。心臓ウイとかく言います。)

また、体調不良の時にも「ウイ」は使用される。

○アンタ カオイロ ワルイガ。ウイガジャ ナイガ?
(あなた顔色悪いよ。ウイのではないか?)

○シゴトシタ アト下カ、ネツデモ アツ下キ、ビョーキシタ 下キ、アー ウイ。(仕事した後や、熱でもあるとき、病気したときに「あー、ウイ」<と言う>。)

疲労の場合、病気による倦怠感も「ウイ」で表される。

○ウイワ ダヤイノ ウエヤ チャ ネ。ウイワ ガマンデギン。カルガルシク クチカラ デツ下キモ アルゲド ネー。(ウイはダヤイの上だね。ウイは我慢できない。軽々しく口からウイという言葉が>出ることもあるけどねえ。)

さらに、満腹で動けない場合も「ウイ」を使う。

○アー、ハラ ウイ。イッパイ タベテ ネ、ハラ ウー下ツタ。(あー、腹ウイ。いっぱい食べてね、腹ウーなった<と言う>。)

一方、体を動かして疲れた場合には「ダヤイ」を用いる。

○シゴト シタ 下キ シゼンニ デル コトバワ ダヤイ。(仕事をしたとき自然に出る言葉はダヤイ。)

○ダヤテ アー、カナワン ネカ。アー ダヤイ。(ダヤクでね、たまらないよ。あー、ダヤイ。)

↓

ヤスンデ イカレ マ。(休んでいきなさい。)

○カラダ ツカイ スギ下カ、ロード下カ。ヤスミヤー エー 下。(体使いすぎとか、労働とか。休めば良いわ。)

「ダヤイ」場合には休めば回復する。いわゆる疲労である。

「ダヤイ」よりも重いのが「エライ」である。

○カラダガ エラテ カナワンテ ユー ネー。(体がエラてたまらないと言うね。)

○ダヤイノ レンゾク。ダヤイヨリ オモイ。(ダヤイ<状態>の連続。<状態は>ダヤイよりも重い。)

○エラテ エラテ カナワンチャテ イワン 下。ヒトニ ウッタエル トキ。(「エラクてエラクてたまらな

い」と言わないか。人に訴えるときに。)

「ウイ」が最も苦しく、続いて「エライ」「ダヤイ」の順になる。それに対し、「テキナイ」は空腹が原因となって、体に力が入らないような時を言う。先の魚津と同様に、エネルギー不足で体の内部に力がわいてこないような状態を言う。

○アー ハラヘッテ テキナイ。(あー、腹減ってテキナイ。)

○オナカニ 下、チカラガ ハイラントカ。ハラノ ホーニ 下。(おなかに力が入らないとか。腹のほうにね。)

○チョッコーシ ウイ。(少しウイ<感じ>。)

○ナナジュッサイ イジョーダロー。ヒョージュンゴ シランモン。(テキナイを使うのは)70歳以上だろう。標準語を知らないもの。)

ウイ 満腹になって苦しい
体がだるい(倦怠感)
胸が締めつけられ苦しい
体が疲れてだるい(疲労感)

エライ 体がだるい(倦怠感)
体が疲れてだるい(疲労感)

ダヤイ 体が疲れてだるい(疲労感)

テキナイ 低血糖状態で体の底から力が出ない

4.4 呉西(富山県西部)砺波市油田方言の場合

砺波では「テキナイ」「ダヤイ」の2語を得た。

体調が悪いことを表すのは「テキナイ」である。

○ドコカニ イジョーガ アル。テキナキッターラ ビョーイン イカナ。(どこかに異常がある。テキナイ状態だと病院に行かないと。)

○(テキナイと言うのは)ダイブン ヒ下イガジャ 下イ。カラダノ ヤリバガ ナイ ヨ。(かなりひどいのではない?<つらくて>体のやり場がないよ。)

○下ーカ シテクレ。カラダノ ヤリバガ ナイ。(どうにかしてくれ。体のやり場がない。)

○タイチョーガ オカシーヤロ。コチョースル トキ。(体調がおかしいだろう。誇張するとき。)

一方、「ダヤイ」は疲労感を表す。

○ダヤイ ユータラ ツカレタユー コト。(ダヤイというのは疲れたこと。)

また、足が疲れたなどのように、体の一部についても使える。

○アシガ ダヤー ナツタ。(足がだるくなった。)

ダヤイ 体が疲れてだるい(疲労感)

テキナイ 体がだるい(倦怠感)

胸が締めつけられ苦しい

4.5 呉西(富山県西部)氷見市加納方言の場合

砺波と同様、氷見でも「ダヤイ」「テキナイ」の2語であった。このうち、病的なのは「テキナイ」である。

○(テキナイと言う人に対して)ピョーイン イッテ コラレー。(病院に行ってきたさい)

「テキナイ」という訴えに対して、病院に行くことを勧める。体の具合としては、

○ツラサガ マイッタカンジ。(つらさがさらにひどくなった感じ。)

のように、つらさという点では重度である。

○テキナイト テンテキスル。(「テキナイ」時は点滴を受ける。)

一方の「ダヤイ」は、いわゆる疲労をあらわす。

○アツテ カラダガ ダヤイトキ。ヤスマント アカン。(暑くて体が「ダヤイ」時。休まないといけない。)

○ダヤイガワ ガマンデキル。(「ダヤイ」のは我慢できる。)

○ハシッターリワ ダヤイ。(走ったりくして、なる>のは「ダヤイ」。)

「ダヤイ」は、休憩することで回復するし、我慢できる範囲である。

ダヤイ 体が疲れてだるい(疲労感)

テキナイ 体がだるい(倦怠感)

胸が締めつけられ苦しい

4.6 富山方言における「問題」

当初、看護実習生が実習に出る前に「これだけは知っておくと良い」という語彙を集め、ハンドブックを作成する予定であったが、県内で特に「ウイ」「テキナイ」の使用状況や意味が大きく異なる点が「問題」として浮かび上がってきた。

まず、呉東と呉西では「テキナイ」の意味が大きく異なる。呉西では「テキナイ」は病院に行くべき状態であるのに対し、呉東では体の中に力がわき上がらない様子(ひどい空腹などが原因)であり、すぐに病院に行くべき状態ではない。さらに、方言集によれば、富山県と新潟県の境界に近い地域では、「テキナイ」はのどが渴いた状態をさすという記述もある。

一方、呉東では、呉西では聞かれない「ウイ」のほうが重要であった。狭心症や抑鬱状態を示す。

このように、同じ「テキナイ」という語が県内で意味差があること、「ウイ」の分布に県内で地域差があることなどを、医療従事者は知っているのであろうか。それを確認するため、富山市内の不二越病院で聞き取り調査を行った。そこで、次のような事実が浮かび上がってきた。

①「ウイ」はしばしば使われる

●カルテや看護記録に患者の「胸がウイ」と、当然のように記載される。

●「胸がウイ」という患者に対して、病院では安定剤やニトロを処方し、処方する際、薬袋に「胸がウイとき(に飲む)」と書いて高齢者に説明することもある。

●呉西(高岡市)出身の薬剤師は、「ウイ」の意味がわからなかったが、同僚が処方する薬を見て、大体どんな症状なのかを判断した。

②「テキナイ」の意味のずれが認識されていない

●前述の呉西出身の薬剤師は、「テキナイ」と言いながらも病院に行かない富山市の患者を見て「テキナイのに病院に行かないのはなぜだろう」と思っていた。

●一方、氷見市の病院に勤務する看護師は、氷見の病院では患者の訴えとして「テキナイ」をぜひ知っておいてほしいと語った。

このように、医療、看護場面で使われる体調を表す言語彙の、県内での使用状況や意味差について、医療従事者も気づいていない可能性がある。

富山では、主に体調を表す語彙である「ウイ」「テキナイ」について、注意を促す手引きの作成が有用であると考えられる。

§5 使える方言辞典の作成

—青森県弘前方言の事例—

5.1 津軽方言の難しさ

先に示したアンケート結果から、実習生の約半数がわからなかった経験を持つ津軽方言は、富山方言よりも理解が困難であることが明らかとなった。その理由として、言語的には次のようなことが考えられる。

①共通語と大きく違う語形、そもそも共通語にない語(俚言)が多いこと

例:「あたる」「あずましい」など

②共通語と異なる発音があること

例:いわゆる「ズーズー弁」の音声的諸特徴

③共通語と異なる文法があること

また、社会的には次のようなことが考えられる。

①津軽が方言主流社会と言われる社会であること

方言主流社会の用語は、佐藤(1996)による。方言を用いたほうがコミュニケーションがうまくいく社会である。これを裏付けるようなエピソードとして、2008年3月に筆者らが行った青森県弘前市でのシンポジウムで参加者から次のような体験談が寄せられた。

「私が勤務する医療現場では、方言は禁止、できるだけ共通語使用、またはていねい語を使用する様に言われて

いるが、『〇〇様、今日はどうなされましたか？』患者様は『わ、なのしゃべっていることわがねじゃー』看護する側でいねい語、受ける側方言、とても違和感を感じる」

方言が禁止されているので共通語を使うと、患者が「あなたの言っていることがわからない」と言うというのである。方言主流社会の特徴である。

②若い世代では共通語化が進んでいること

若い世代では共通語化が進み、また集団就職が盛んであった頃の方言矯正を受けた世代では、津軽方言をあまり話さないような教育を受けている。そのため、仮に地元出身で地元暮らしであったとしても、高齢者の方言を理解しがたくなっている。

例えば先に紹介した青森県弘前市でのシンポジウムで、パネリストの一人である特別養護老人ホーム「大清水ホーム」の込山稔施設長は、「職場のチームを編成する際に、言葉のわからない若い職員と、方言がわかる中年以上の職員とを一緒にして編成している」との工夫を報告された。方言の世代差が大きく、若い世代に高齢者の方言がなかなか理解できないことを前提にチームを編成しているのである。

このような状況を総合的に考えると、弘前方言は富山方言のように比較的理解しやすい方言ではないため、医療現場で想定される分野の語彙すべてについて方言辞書を作成することが有益であると考えられる。

5.2 方言辞典が使いにくい理由

医療現場で使える方言辞典は、これまで全くなかったわけではない。例えば『医学沖縄語辞典』『大分保健医療方言集』など、医師や方言研究者などの手によって、一部の地域ではすでに医療場面に絞った方言辞典や方言集が編纂されている。

しかし、本という形をとる紙メディアの辞典や方言集には使いにくさもある。特に弘前方言の場合は使いにくいことが予想される。

そもそも、私たちは「国語辞典」のひき方を「学校で習う」。このことは、国語辞典を引く際に、ある「知識」が必要なことを意味する。

具体的には、調べたい語の終止形（言い切りの形。例えば、「歩け」ではなく「歩く」を調べる）を知らなければならぬことや、きちんと単語に区切る必要があることである。例えば、「歩きます」は辞書には載っていないため、「歩く」と「ます」に分解しなければならない。

よく知らない方言を聞いた時、一連のフレーズの中から単語を切り取ったり、活用語の終止形を想起することは困難であるといえる。さらに、弘前方言の場合は共通語とは大きく異なる音声的特徴を持つ。中舌母音は仮名

文字では書き表しにくく、人によってどう表記するかの揺れが予想される。そこで、弘前方言は紙メディアの辞典ではなく、電子メディアによる辞書が有利になると考えられる。

5.3 インターネット上の方言データベースの利点

初めて聞く方言、聞き取りにくい方言の場合、すべてを聞き取れるとは限らない。また、適切に一単語を抜き出せるとも限らない。紙メディアの辞書や方言集の場合、前方一致検索しかできないため、途中の一部分しか聞けなかった場合や、語の切れ目が間違っている場合には検索することができないという問題がある。

コンピュータでのデータベース検索の場合、部分一致や例文検索、すべての活用形のデータベース化などによって、上記の問題が解決できる。

また、紙メディアの場合は、新たに買い換えるなどの対応が必要であるが、買い換えることなく、常に新しいデータを使うことが可能になる。インターネットを通じて検索する方式をとる場合には、元になるサーバのデータを更新することで、すべての利用者が最新の情報を利用できるという利点がある。

さらに、利用者のニーズの把握が便利であるという点も見逃せない。どういう語が検索されたかというログをとることで、必要度の高い情報が何であるかを把握しやすくなる。方言研究者は、医療現場にどのようなニーズがあるのか、多くのデータを持っているわけではない。そこで、医療現場で「役に立つ」データベースのためには、利用者とともに作っていくことが重要である。

以上のような利点を考え、方言データベースをインターネット上に公開することにした。

5.4 データの内容

平成 19 年度、20 年度の 2 年間、弘前市とその周辺でフィールドワークを行った。

平成 19 年度は弘前市と、その南に接する南津軽郡大鰐町、平成 20 年度は弘前市とその西に接する中津軽郡西目屋村の話者に対して実施した。

富山調査、弘前調査②などをもとに、調査項目は「身体部位」「病名、症状」「動作」の④ジャンルに分けた。さらに個別の項目は、広島、富山などの方言集から収集した項目を元にとていった。

この調査票を元にフィールドワークで得られた語、表現をデータベース化していった。

データファイルは csv ファイルとし、次のような順序で入力してある。

語形、別形、共通語訳、例文、分類、地域、検索用テキ

スト列

方言形からの検索は、検索用テキスト列を検索するようにした。検索用テキスト列には、語形、別形、例文の内容がコピーされ、また、発音が聞き取りにくい方言である津軽方言の場合、想定される入力パターンも入力した。例えば、「ぎっくり腰」を意味する「ククラヘンキ」の場合、見出し語形は「ククラヘンキ」であるが、検索用テキスト列には「キクラヘンキ」「キクラヘンギ」「ククラヘンギ」「キキラヘンキ」なども入力した。聞き取りの難しい方言ゆえの、揺れのある入力への対応である。

入力パターンを想定するための調査は2007年度に富山で実施した。弘前で録音したものを、中舌母音等の特徴がない富山方言話者に対して聞いてもらい、どう聞こえたかを書き取ってもらう方法をとった。その結果を検索用テキスト列のデータに反映している。

当初はパターン化し、検索プログラムで変換する予定であったが、データを見る限り何らかのパターン化ができるものではなかったため、一つ一つのデータに個別に加えていくこととした。

さらに、医学的に重要な語には注をつけている。

例えば、津軽に多い疾患である脳血管障害(脳出血、脳梗塞のいずれもさす)を意味する「アダル」には、脳血管障害であるという記述の他に、津軽では多い疾患の一つであることの注をつけている。また、後頭部を意味する「ボノゴ」の場合、脳血管障害の診断には重要な部位であることの注をつけている。後頭部から背中にかけての鈍痛は、脳血管障害の症状の一つである。

5.5 データベースの内容

データベースの表紙画面では、次の事項を指定できる。

①地域

現在は、弘前(津軽方言)、高山(飛騨方言)、富山(越中方言)、広島(安芸方言)が指定できる。指定しなかった場合は、全地域のデータを検索する。

②ワード検索

方言フリーワード検索、全体のフリーワード検索(共通語部分も含む)のいずれかの検索。またはジャンル検索も可能である。ジャンルは、不快な感覚・症状、動作、身体部位の名称、人の属性・様態、快い感覚、その他が指定できる。

このうち、方言フリーワード検索は、ひらがなでしか検索できないが、フリーワード検索では、ひらがな、漢字ともに検索できる。これは、共通語形や例文の共通語訳を検索するためである。

方言フリーワード検索、フリーワード検索は、どのような入力になされたかログを記録しており、入力は多かったもののデータになかった語は、今後のメンテナンス

で項目を増やす予定である。

多くの項目には音声データも貼り付けてあり、クリックすると音声を聞くことができるようになっている。

検索用プログラムはPerlで記述されたCGIで、現在運用している方言データベースのアドレスは次の通りである。

<http://iwakilabo.hp.infoseek.co.jp/index.html>

§6 まとめ

6.1 医療従事者は方言を使用すべきか

言語学的には、コミュニケーションを上手く運ぶために、相手の言葉に寄り添い、相手の使っている言葉を使うと良いとされる。

したがって、地域医療者は、その地域の方言を話せなければならないということである。

しかし、広島、富山、弘前でフィールドワークの際、方言話者に確認したところ、医療従事者が方言を使えればそれに越したことはない(医療スタッフが方言で話しかけてくれると、安心感、親近感を持つ)が、無理に方言を話してもらおうとは思わないという回答が多く聞かれた。それよりも、病状や治療方針を、詳しく、丁寧に、わかりやすく説明してくれることのほうが大事であるという。それに加え、できれば自分たちの方言を理解してほしいし、自分たちが症状を訴える時には、自分たちの言いたいことを言いたいように、気を遣わずに表現できる方言のほうが言いやすいというものであった。

したがって、方言を使用するよりも、まずは方言を理解できることが重要ではないかと考えている。

医療従事者が方言を聞いて分かるようになるために、辞書を引く感覚で使える方言データベースの整備、気をつけるべき方言事象の手引きを開発してきたのである。

6.2 地域にあった対応

富山、弘前で行ったアンケート調査などから、方言と社会の状況が各地で異なり、医療と方言の問題を考える場合にも地域差があることがわかってきた。

方言主流社会である弘前と、そうでない地域とでは対応が異なる。富山方言の場合は県内の気づかざる意味差が問題であり、弘前方言の場合はその検索の難しさに対応したデータベースの開発が必要であった。

まずは地域の言語状況や社会状況を調査し、その上で適切な対応策を考える必要があるだろう。ある程度の地域的類型化は可能かもしれないが、決して全国一律に一つの方法で解決できるものではないと考える。

§ 7 今後の課題

7.1 地域特有の疾患への対応

7.1.1 富山における心臓病, 抑鬱

富山県は他の日本海側の地域同様、精神疾患が多いことが知られる。先に示した「ウイ」は、胸の苦しさを表しているが、これには心臓病と精神疾患の二つの理由が考えられる。富山市内の薬剤師によれば、「胸がウイ」と訴える患者に対し、精神安定剤やニトロが処方されることが多いと言う。

「ウイ」は、富山に多い疾患を理解するためのキーワードであると言える。

7.1.2 弘前における脳血管障害

弘前をはじめ、青森県に多い疾患が脳血管障害である。脳梗塞の場合はしびれを訴えることが多く、徐々に症状が進行していくが、脳出血の場合は一刻を争う。

弘前方言には「アダル」という語もあり、脳血管障害になるという意味である。その様態をあらわすために、「ドダット アダル」のように、「アダル」の前にオノマトペをつけ、脳血管障害の様子を具体的に示す。

地元の医師であれば、問診の際に「どのようにアダッタか」を聞くという。これが重要な診断材料である。

そこで、弘前方言では方言データベースを開発すると共に、この脳血管障害の問診例を準備する必要があると考えた。平成 21 年度、問診例のビデオ教材を開発する予定である。

7.2 看護教育への応用

これから看護師になろうとする看護学生にとって、方言による問診パターンや、地域で看護をする際に最低限知っておくべき方言のテキストを準備することを考えている。これまでに示したように、弘前においては特に重要であると考えている。

認知症高齢者は、認知症が進行するに従って子供に戻り、幼い頃使われた言葉でなければ理解不能という場面が増加することが知られている。80 歳の高齢者であれば、約 60 年前の方言を話す可能性があるということである。医療や介護に携わる職員が、ある程度の方言を理解しておくことは、必須条件になっていくものと考えられる。

また、患者の側からみた場合、医師よりも看護師に方言を理解してほしいと考えているようである。医学教育でも、患者に寄り添う必要性が説かれはじめているが、患者に近い位置で患者に寄り添うことは看護学の重要課題であるとする。したがって、患者の日常語である方言を理解する必要性が高いのは看護師であり、看護教育

の中にきちんと位置づけていくことが必要なのではないだろうか。

看護学という学問の自立性という意味でも、方言を使ったコミュニケーションの問題を正面から扱うことは無意味ではあるまい。

7.3 外国人看護師・介護士への対応

現在我が国では、インドネシア、フィリピンの 2 カ国から介護士を受け入れている。

これらの介護士は、一年間の日本語教育を受けた後、現場に派遣されて、3 年間で日本の国家資格を取得しなければならない。現在はインドネシアからの 1 期生が現場に出て、日本の国家資格受験のために勉強している状況である。これらの介護士候補者が国家資格を取得し、本格的に国内の現場に行く場合、地方に派遣される可能性が高い。人手が足りないという状況は、地方のほうが深刻であるからだ。そうなると、共通語だけの日本語教育では、実際の業務に支障が出る可能性が高い。日本人以上に方言がコミュニケーションのバリアになるであろう。

そこで、これらの介護士が本格的に現場に出ることになる平成 23 年度をめどに、それぞれの地域の特性を踏まえた上で、最低限必要な方言をまとめた教材を国内の多くの地域で作成する必要があると考えている。

すでに台湾ではフィリピンからの介護士を受け入れている。高齢者の多くが台湾語や日本語を話すのに対し、フィリピン人介護士は中国語教育を受けて現場に派遣されるという。日本と同じような問題が起きることが予想される。台湾との国際比較と解決策の模索も、今後の課題の一つであるといえる。

付記 本研究は、平成 18 年度～ 20 年度科学研究費補助金（萌芽研究）「保健・医療・福祉に利用できる方言データベースとコミュニケーションマニュアルの開発」（課題番号 18652044）（研究代表者 岩城裕之、連携研究者 弘前学院大学 今村かほる 大分大学 日高貢一郎 県立広島大学 友定賢治）の成果の一部である。

参考文献

- 1) 松木明, 弘前語彙, 弘前語彙刊行会, 1991
- 2) 横浜礼子, 病む人のつがることば, 青森文芸協会, 1991
- 3) 佐藤和之, 方言主流社会, おうふう, 1996
- 4) 平山輝男・真田信治編, 日本のことばシリーズ 16 富山県のことば, 明治書院, 1998
- 5) 蓑島良二, 日本のまんなか富山弁, 北日本新聞社, 2001

- 6) 横浜礼子, 介護学生のための三つの津軽ことば, 路上社, 2003
- 7) 日高貢一郎, 福祉社会と方言の役割, シリーズ方言学3 方言の機能, 岩波書店, 2008
- 8) 医療・介護・福祉と「方言」研究グループ, 方言で医療・看護・福祉の現場は変わる 研究成果報告会 発表要旨集, 2008
- 9) 岩城裕之, まずは相手の言葉を理解して 方言問題から考える, 月刊ケアマネジメント vol.20 No.4, 環境新聞社, 2009

英語多読授業の実践—2年目を終えて

(人文社会系分野) 竹山友子, 江口 誠, 西原貴之, 栗原武士, 川尻武信

The Practice of Extensive Reading Classes: A Report on the First Two Years

(Faculty of Humanities and Social Sciences) Tomoko TAKEYAMA, Makoto EGUCHI, Takayuki NISHIHARA, Takeshi KURIHARA and Takenobu KAWAJIRI

Abstract

This is a report on the first two years of extensive reading classes at Kure National College of Technology. We introduced extensive reading in the latter term of the 2007 academic year. In the first year, the data was gathered from 158 first-year students who did extensive reading for 10 to 25 minutes a week. The data from the study of reading speed shows that the difference in reading speed before and after the lessons is statistically significant. In the 2008 academic year, the practice has been expanded and the data was gathered from 294 first-year and second-year students in 8 classes. Comprehension as well as reading speed was checked in the beginning and at the end of the year. The data shows that the difference between before and after the lessons is statistically significant in terms of reading speed and/or comprehension in 6 classes. In addition, the result of the attitude survey shows that about 80 percent of the students have responded favorably to extensive reading and have felt a change in their ability to read English. Opinions of some second-year students show that they have enjoyed extensive reading more than the previous year and that the long-term practice is effective. In the final section, the problems will be discussed which were made clear during the first two years.

Key Words: extensive reading, reading speed, comprehension, attitude survey

英語多読, 読書スピード, 理解度, 意識調査

§1 はじめに

一般的に, 高等専門学校に進学する学生は, 普通科高校生よりも英語力が低いと言われている。¹ 呉高専における英語の授業(低学年)では, 英語を得意としない多くの学生に対応するため, 基礎英語力を身につけさせる目的で高校生用の検定教科書を使用し, 英文の読解, 文法, 単語, 熟語をわかりやすく時間をかけて説明している。その反面, 学生が主体的に大量の英語に触れる時間が少ないことが英語科教員共通の悩みとなっている。

しかしながら英語学習者にとって実践的英語力を向上させ, それによって英語への抵抗を少なくするためには, できるだけ多くの英語に触れることが重要である。また, 英語学習者にとって意識的に覚える作業は不可欠であるが, 従来の暗記方式だけでは常に学生に緊張を強いることとなり, 苦手意識を解消することは困難である。

近年これらの問題を解決する策として, 英語の多読実践が注目を集め始めている。英語の多読実践は, 日本多読学会および英語多読研究会(SSS)が推奨している英語学習法で, 多読法を取り入れることにより英語学習者が大量の本に接し, 日本語を介することなく英文を直接理解する力を身につけていくことを目指す。英語圏の国々で子どもたちが読み始める本—比較的語彙数が少なく各自が理解できる範囲のレベルの本—を大量に読むことにより, 机上で学

んだ文法や単語を応用する機会が得られる。また, 繰り返し登場する新出単語や構文に触れることにより, 未知の構文や単語を獲得していくことが期待できる。

§2 平成19年度～導入初年度

2.1 対象と目標

本校においては, 平成19年度および20年度で教育重点配分経費を獲得し, 平成19年後期に1年生の総合英語Iの一部の時間を用いて4クラスに英語多読授業を導入した。具体的には1冊を数分で読める語彙数100語以下の本から語彙数1000語程度の本をレベル別に約700冊程度用意した。そして導入初年度は週6時間の英語科目授業時間を確保している1年生を対象とした。実践方法は, マルチメディア教室におけるリスニング授業の一部(10分～25分程度)の時間を毎週1回費やし, 1回の授業で数冊の本を読破することにより, 各自少なくとも検定教科書の総単語数約7500語を超える語数を読むことを目指した。そのため多読用図書の保管場所はマルチメディア教室とした。そして英語を読むことを日常生活に取り入れることと, 英語を英語のまま理解し, 長文を読むことに抵抗をなくすことを最終目標とした。

2.2 実践方法

多読用図書は表1のように難易度別[YL0~2]に分け、レベルの低いものを除いてほぼすべて違う本とした。なお、YLはSSSが指定する読みやすさレベルの記号で、各レベルの説明は表1の通りである。

Table 1 Indications of YL

ラベル	YL	内容
ベージュ	0.0-0.5	語彙125語レベルまで、または総語数250語以内
ピンク	0.6-0.9	語彙250語レベルまで、または総語数1500語以内
赤	1.0-1.9	語彙500語レベルまで、または総語数3000語以内
黄	2.0-2.9	語彙800語レベルまで、または総語数5000語以内

上記の指標はSSSの指針に沿っているが、1.0未満を2段階に分ける方法は本校独自のものである。全員ベージュのレベルから開始したため、ほとんどすべての学生が違う本を毎回手にし、各自自分のペースで本を読むことができるようになった。

また、精読ではなく多読による英文のシャワーが目標であるので、SSSが推奨する多読実践の原則「辞書を引かない」、「わからないところは飛ばして読む」、「難しすぎるものやつまらない本の場合はすぐに別の本にする」ことを徹底した。読書を続けることにより自然に日本語を介さずに英文を直接理解することが目標であり、そのためには楽しく続けることが重要であるため、内容に関する解説や理解度テストは原則として行わなかった。ただし学生自身の目的意識を高めるために各自読書記録手帳に記録をつけることとし、日付、本のタイトル、レベル、読書語数等を記録させた。そして読書記録手帳を定期的に集めて各学生の読書語数および読書レベルを記録および把握して、読書方法や本の選び方に対するアドバイスを手帳への記述および授業時間内での巡回によって個別に行った。

2.3 分析方法

19年度の対象者は1年生(全学科)のみで、英語多読授業の導入時(M科E科11月、C科A科10月中旬)、後期中間(12月後半)、学年末(2月末)にそれぞれ読書スピードを測定し、多読と読書スピードの関連を調べるとともに、学年末にアンケートを実施・集計し、英語の多読が及ぼす変化を調査した。²⁾ すべての測定結果が有効であったのは157名である。読書スピードの計測は、YL1.6の本の一部を3分間読み、読み終えた総語数から1分間の読書語数(分速語数・WPM/words per minute)を算出した。読書用の資

料は3回とも違い、第1回で用いた本と第2回および第3回で使用した本は別のものである。また、第2回と第3回は同じ本だが別の章から引用した。さらに第2回および第3回にはあらずじが理解できる70%を目安として、自己申告による内容理解度(0~100%)を記入させた。そして多読授業を受けていない学生との比較を行うために、学年末には4年M科E科の83名にも同一の「第3回読書スピード計測資料」を用いて調査を施した。

2.4 分析結果

2.4.1 読書累計語数

以下は学年末における学生の読書累計語数(単語数)である。1回の英語多読授業時間は、C科A科は平均25分、M科E科は平均15分で、準備と片付けもその中に含まれる。数字はその語数を達成した人数である。なお、C科A科には後期中間期終了後の冬休みに、自宅学習として英語多読図書を3000語以上読書する課題を与えている。

Table 2 Total Words Read

読書累計語数 (words)	M・E (約15分 ×9回)	C・A (約25分× 11回+課題)
1~	11	1
5000~	19	3
7500~	19	9
10000~	22	51
15000~	4	13
20000~	2	2
25000~	0	1
7500以上	47	76
10000以上	28	67

表2のように、C科A科では最終的に80人中76人が1年間で読む検定教科書1冊分に匹敵する7500語以上を読み、67人は1万語以上の読破を達成した。また、多読授業の回数と時間が少なかったM科E科では、表3のように最終的に77人中47人が1年間で読む検定教科書1冊分に匹敵する7500語以上を読み、28人は1万語以上の読破を達成した。C科A科と比べると達成者数の割合が低いが、1回の取り組み時間および授業時間数が少ないことが理由である。

2.4.2 読書スピード

1分間にどれだけの単語数が読めるかを示す分速語数(WPM)の測定を、導入時、後期中間、学年末に実施してその推移を調べた。3回とも資料は違うが同じレベルの本(YL1.6)の一部を用いて読書スピードの変化を測定した。表3はその結果を、多読時間数がほぼ同じ2クラスごとに

表にしたものである。

Table 3 Average and Standard Deviation of WPM

分速語数 測定回	C・A (n=83)		M・E (n=75)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
第一回	65.7	25.0	84.1	33.9
第二回	97.8	37.5	94.9	24.6
第三回	115.3	44.0	109.4	34.8

1年C科A科の分速語数を従属変数、分速語数測定回を独立変数として、被験者内1要因分散分析(3水準)を実施した(有意水準5%)。その結果、学生の分速語数は3回の測定実施の中で伸びが見られたことが示された。 $(F(1, 80)=149.8, p=.00)$ 。1年M科E科についても同様の分析を実施した結果、同じように伸びが見られたことが示された。 $(F(1, 74)=46.8, p=.00)$ 。2クラスごとの比較を行うと、導入時は平均値で20語近く低かったC科A科であるが、終了時の測定ではその平均値はM科E科の平均値を逆転している。このことは、多読授業週1回約25分を11回実施し冬休みに3000語の課題を追加したC科A科と、週1回約15分を9回実施のみのM科E科の取り組み時間の違い(=読書累計語数の違い)がそのまま現れた結果であろう。この結果からも多読と読書スピード向上さらには読書累計語数と読書スピード向上の関連は強いことが表れていると言えよう。また、1語でも分速語数が増加した学生は158人中143人(91%)であり、この数字からも多読と読書スピード向上の関連は強いことが表れている。

2.4.3 読書スピード～4年生(多読なし)との比較

学年末(2月末)に1年生に実施した分速語数(WPM)計測による読書スピード調査を、4年生のM科E科の学生にも実施し、多読を実施した学生と実施していない学生との比較を行った。1年M科E科、1年C科A科および4年M科E科の平均値および標準偏差は表4の通りである。

表4 Comparison between the 1st-year and the 4th-year students

学年末測定	平均値	標準偏差
1年M・E (n=75)	109.4	34.8
1年C・A (n=83)	115.3	44.0
4年M・E (n=87)	116.3	46.9

分速語数を従属変数、学年を独立変数として、1年M科E科と4年M科E科の2集団の平均値の検定(t 検定)を実施した(有意水準5%)。その結果、統計学的に有意な差は見られないという結果が得られた($t(156.7)=1.1, p=.29$)。

1年C科A科についても同じ分析を実施した結果、同様の結果が得られた。 $(t(168)=-.14, p=.89)$ 。従って1年生に多読授業を行うことで4年生とほぼ同程度まで読書スピードが向上したと言えよう。特に1年C科A科の平均値115.3は、4年M科E科の平均値116.3に大変近く、この傾向が顕著に表れている。この結果からも、多読の実施時間およびそれに伴う読書累計語数と読書スピードの向上の関係を確認することができるであろう。

2.5 学生の意識調査

2.5.1 英語の多読について

学年末には、英語多読に関する学生アンケートを実施して、学生側の多読に関する意識調査について調査した。以下は英語の多読についての意識調査を行ったものである。まず、高専入学前に多読を知っていた学生は回答数133人中4人であり、ほとんどの学生は呉高専の授業で英語の多読を初めて経験している。そして英語の多読が好きかという項目では、普通を含めると152人中127人となり、84%が多読を受け入れているという好結果となった。また、半数以上の84人の学生(55%)が英語のリーディング力(読解力)がついたと感じており、読解力に関するデータ分析も今後必要であると判明した。「読む速度が速くなった」については実に96人(63%)の学生がそう思うまたは強く思うと回答していることから、データの分析結果だけでなく、学生自身も読書スピード向上の効果を実感していることが読み取れる。この項目の最後では、文法や精読などの教室での授業との関連を調査した。その結果、「教室での授業が英語の多読をする上で役立っている」と回答した学生がほぼ半数の75人(49%)となり、文法や精読などの授業で学んだことを使って多読を行う「実践の場」としての多読の役割が表れており、教員側の狙いと一致した結果となっている。

2.5.2 英語の多読に関する自由記述

アンケートの最後には、多読に関する自由記述の項目を設けた。自由記述では大半の学生が「最初は読めるわけがないと思ったが、少しずつ読めるようになったのでうれしかった」「面倒くさいと思ったけど、今ではたのしみに思えてきた」などの肯定的意見を述べた。英語の本を読むということに最初は抵抗を感じていたが、簡単な本から始めることでこれなら読めるかもと思い、続けるうちにある程度の長文を読めるように感じる学生が多い。また、「10,000語読んだので『達成感』で心が満ちあふれています」という意見も見られた。さらには「とてもおもしろかった。総合英語が全部多読でもいいと思う。」などの意見もあり、教員側としては多読の実践が成功していることを強く実感できた。しかし同時に、このような意見は教科書の精読などの通常授業にあまり興味を感じていないことの表れとも取

れ、今後の授業運営について考えさせられる意見である。

また、否定的意見は「読みたい本がない」「とても疲れる」の二つに集約される。読みたい本がないという意見には、適正な本を読んでいない可能性があるため指導法の改善を考えるとともに、子どもっぽい絵本を好まない学生もやはり存在するため、新たな分野の本の導入や人気シリーズの追加購入を検討し、そのための予算獲得を試みながら問題を解決したい。さらに、疲れるという意見については、英語に限らず本そのものを読むことを苦手とする学生がいるため、このような学生にはあまり無理強いせず、遅いペースでもかまわないので根気よく指導する必要があると感じる。

次の表5は、授業以外の英語多読の自主活動に関する質問項目の回答結果である。

Table 5 Extracurricular Activities of Extensive Reading

	4	3	2	1
図書館や自宅など、授業以外でも英語の多読を自主的に行っていますか	1	3	30	66

数字は全体に占める割合(%)、小数点以下四捨五入

質問には、4:よく読む、3:読む、2:あまり読まない、1:全く読まない、の4段階のリカートスケールを用いた。

表5の内容から、授業外での英語多読の自主活動はほとんど行われていないことがわかる。導入レベルのORT(Oxford Reading Tree)とLLL(Longman Literacy Land)の2大シリーズは図書館にも導入し、貸し出しが可能となっている。図書館所蔵の多読図書の活用および図書館との連携も含め、自主活動の推進は今後の課題である。

2.6 2年目に向けた課題

4ヶ月間の英語多読授業を行い、当初の目標であった検定教科書の総語数以上を読むという目標は、およそ80%の学生が達成し、読書スピードにおいては91%がスピード向上を達成し、多読による読書スピードの向上という効果を得ることができた。本校での多読実践のように10~25分程度を4ヶ月という取り組みでは、長時間かつ長期間の実践によって得られるほどの大幅な英語力向上は期待できない。しかし、短時間かつ短期間の読了語数1万語前後の多読活動においても、英語力向上に繋がる読書スピードにおいては一定の効果が現れることが示された。また、学生アンケートの結果から、多読が次第に学生に肯定的に受け入れられ、それと同時に英語を読むことへの抵抗感が薄れ、効果を実感する学生も6割以上いることが判明し、呉高专において英語多読の実践が肯定的に受け入れられたことがわかった。短時間の取り組みでは飛躍的な英語力の向上はもちろん望めないが、この意識改革こそが今後の継続的取り組

みへの糧となり、それによる英語力向上へのステップとなる真の効果と言えるだろう。

そして同時に今後の課題として以下の3点が現れた。

1. YL(読みやすさレベル)の低い多読図書の充実
2. 授業外での英語多読の自主活動の促進
3. 成績評価との関連づけ

1のYL(読みやすさレベル)の低い多読図書の充実については、英語が苦手なORTもLLLのような子ども向け絵本をあまり好まない学生が多読を無理なく続けられるよう、特に0.2~0.4の初期レベルの種類を豊富にすることが急務と感じた。また、読者が集中しているCurious Georgeなどの人気シリーズの本の追加導入も最重要課題の一つとなった。

2の自主活動の促進については、図書館における多読図書の充実および活用促進が重要である。図書館との連携の必要性を強く感じた。

3の成績評価との関連づけについては、客観的評価方法の確立と成績評価への組み込みが課題となっている。初年度の活動では多読を成績には一切組み込まなかったが、授業の取り組みの一つとして、成績評価も必要との考えに至った。ただし自主的に楽しく読むことを阻害しない方法にすることが重要である。

§3 平成20年度~2年目の取り組み

3.1 対象と目標

平成20年度では前年度の課題を改善しながら、2年生(19年度の1年生)の授業では多読活動を継続し、さらに1年生にも前年度より早い6月から導入して多読授業を英語の授業の一部に組み込んだ。一回の授業での取り組み時間は短時間であるが全学科1,2年生(計8クラス)に多読授業を実施することで、英語を読むことは特別なことではなく自然な活動であると低学年のうちに認識させ、これまでの精読および文法等の授業とも共存させることが狙いである。各クラスにより実践時間や授業時間数が若干異なるため、今回は読書累計語数に関して数値目標を設定しなかった。³ また、2年生以下の全クラスに実施することで、英語科教員5名のうち4名が多読授業を担当することとなった。

3.2 分析方法

20年度の対象者は1,2年生(全学科)で、1年生は英語多読授業の導入時(6月)と学年末(2月末)に、2年生は前期末(8月)と学年末(2月末)にそれぞれ読書スピードの測定をおこなった。理解度の伸びを測定するために、同時に理解度テストを行った。読書スピードの計測は、YL1.0の本の一部を5分間読ませて分速語数(WPM)を算出する方法を採った。そして読書スピード計測資料を回収後に、理解度テストを配布・実施した。読書スピード計測資料お

よび理解度テストは1,2年生とも同一のものをを用いた。さらに19年度と同様に学年末にはアンケートを実施して、英語の多読が及ぼす意識変化を調査した。なお、読書スピード計測のための語数算出および理解度チェックは教員で行い、読書スピード計測および理解度テストの資料は一回目と二回目で同一のものをを用いた。

§4 分析結果

4.1 読書累計語数

平成20年度 of 読書累計語数のクラス別平均値は表6の通りである。2年生については1年次の累計も併記した。

Table 6 Average Total Words Read

	年度 クラス	19年度		20年度	
		19年度	20年度	19年度	20年度
1年	M (n=44)			10270	
	E (n=43)			8780	
	C (n=39)			28445	
	A (n=39)			23136	
2年	M (n=38)	9481		25052	
	E (n=34)	8574		28823	
	C (n=33)	12208		25162	
	A (n=37)	13476		26640	

クラスによって活動時間(10~25分)や実施時間数が異なるため、累計語数に差が生じている。20年度の1年生の累計語数が、2年生の1年次(19年度)のものより多くなっているのは、開始時期の違いによる取り組み時間の差が大きな要因である。2年生はいずれのクラスも短時間ながら1年半の継続実践で2万5千語以上を読了している。

4.2 読書スピードおよび理解度

各クラスの第一回と第二回 of 分速語数の平均値の差を有意水準5%でt検定により検討した。同様に、第一回と第二回 of 理解度の平均値の差も有意水準5%でt検定により検討した。C2についてはサンプル数が少ないため、分速語数の平均値の差および理解度の平均値の差を有意水準5%でWilcoxonの符号付き順位和検定により検討した。

Table 7 The Results of Statistical Tests on WPM and Comprehension

		第一回		第二回		検定結果	
		平均	標準 偏差	平均	標準 偏差		
M1 (n=42)	WPM	102.9	33.5	119.9	30.2	t(41) -3.05	p .00
	理解	62.1	21.7	60.6	20.7	t(41) .47	p .64
E1 (n=42)	WPM	109.3	28.8	94.9	25.7	t(41) 3.23	p .00
	理解	52.6	24.8	65.5	23.6	t(41) -3.93	p .00
C1 (n=39)	WPM	96.2	33.7	97.7	32.7	t(38) -.37	p .71
	理解	59.4	26.6	66.7	24.8	t(38) -1.56	p .13
A1 (n=40)	WPM	80.5	31.9	94.9	34.9	t(39) -3.58	p .00
	理解	68.1	25.2	68.4	21.7	t(39) -.06	p .95
M2 (n=37)	WPM	89.3	29.6	111.2	30.1	t(36) -5.20	p .00
	理解	60.7	22.9	55.2	26.1	t(36) 1.27	p .21
E2 (n=32)	WPM	116.2	30.2	123.3	27.3	t(31) -1.77	p .09
	理解	61.0	23.6	63.2	20.4	t(31) -.65	p .52
※C2 (n=28)	WPM	86.3	29.5	100.2	30.4	z(27) -2.72	p .01
	理解	61.0	25.9	71.8	23.5	z(27) -2.05	p .04
A2 (n=35)	WPM	104.1	26.1	107.6	34.1	t(34) -.63	p .53
	理解	56.9	23.5	69.7	22.9	t(34) -2.78	p .01

表7の通り、8クラス中6クラスにおいて分速語数と理解度のどちらかまたはその両方に有意な差(伸び)が見られる。分速語数および理解度の双方において有意な伸びがあったのはC2であり、分速語数のみに有意な伸びが見られたクラスはM1, A1, M2, 理解度のみに伸びが見られたクラスはE1, A2である。C1とE2についてはそれぞれ数値が向上したものの、有意ある差には至らなかった。また、

E1 は分速語数が下降しているが、その一方で理解度が大きく向上している。読書スピードは落ちたが、多読で内容を理解するときの目安である 70% 程度の理解度に近づいた読み方へと移行していると考えられる。19 年度と違い、読んだ物語に関する理解度テストも実施したため、理解を意識して注意深く読んだ結果であろう。⁴

4.3 4 年生の多読実践について

全学的な多読実践は 1, 2 年生のみであるが、高学年での効果や特に英語を苦手とするクラスに対する多読の効用を調査するために、4 年生の一部のクラス (E4 および A4) に多読を実施した。開始時期はいずれも 10 月の後期開始時で、正味 4 ヶ月間の実施である。竹山が指導を行ったが、クラスの特徴としては E4 は決して英語力は低くないが、上位と下位の学力差が大きい。A4 は英語に対して特に苦手意識を持つ学生が非常に多く、定期試験や外部試験の結果を考慮すると、英語力は高専平均を下回る。⁵ なお、読書スピード計測および理解度テストは導入前の 8 月と実践後の学年末 (2 月末) に実施した。資料は 1, 2 年生と同一のものである。結果は以下の通りである。

Table 8 Average Total Words Read

		クラス	20 年度
4 年	E (n=42)		9637
	A (n=33)		8765

Table 9 The Results of Statistical Tests on WPM and Comprehension

		第一回		第二回		検定結果	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差		
E4 (n=36)	WPM	105.0	37.1	115.4	33.4	$t(35)$	p
	理解	69.3	24.8	72.3	21.7	$t(35)$	p
※A4 (n=26)	WPM	89.7	42.3	105.9	31.3	$z(25)$	p
	理解	66.2	20.6	66.3	21.2	$z(25)$	p

E4 については第一回と第二回に分速語数の平均値の差を有意水準 5% で t 検定により検討した。同様に、第一回と第二回の実験度の平均値の差も有意水準 5% で t 検定により検討した。A4 はサンプル数が少ないため、分速語数の平均値の差および理解度の平均値の差を有意水準 5% で Wilcoxon の符号付き順位和検定により検討した。

表 9 の分速語数 (WPM) および理解度の第一回と第二回

の差の分析結果の通り、E4 および A4 ともに分速語数に有意な伸びが見られる。理解度については有意な差は生じなかったが、このことから、どちらのクラスにおいても同レベルの理解度のままで速く読むことができるようになったと言える。さらにこの結果から低学年だけではなく 4 年生においても多読は十分に効果があり、習熟度の低いクラスにおいても特に読書スピード向上に効果があると考えられる。これは、英語に対してかなり強い否定的イメージを持っていた学生を勇気づけるに十分な結果と言えよう。⁶

§5 アンケートによる学生の意識調査

5.1 英語の多読について—1 年生の結果

19 年度同様、学年末には英語多読に関する学生アンケートを実施して、学生側の多読に対する意識および授業評価について調査した。以下は英語の多読についての意識調査の結果である。なお、入学前から多読を知っていた 1 年生は 173 人中 5 人で、ほとんどの学生が高専に入って英語の多読を初めて経験している。

Table 10 On Extensive Reading (1st-year students in 2008)

英語の多読を行って(N=173)	5	4	3	2	1
現段階で、英語の多読は好きですか	10	29	42	11	8
英語に対する興味は高まりましたか	7	28	40	19	6
新しい語彙を学びましたか	6	32	45	10	7
英語のリーディング力がついたと思いますか	13	42	32	8	5
英語を読むことに抵抗はなくなりましたか	13	31	30	19	7
英語の文章を読む速度が速くなったと思いますか	15	42	29	12	2
教室での授業(文法や精読など)は、英語の多読をする上で役に立っていると思いますか	9	37	38	11	5

数字は全体に占める割合 (%), 小数点以下四捨五入

アンケートは、5: 強く思う, 4: そう思う, 3: 普通 (どちらでもない), 2: あまりそう思わない, 1: 全くそう思わない, の 5 段階のリカートスケールを用いた。

表 10 の結果から、英語の多読を受け入れている学生の割合は、「普通」を含めると 81% となり、英語の多読が授業の一環として自然に受け入れられていることがわかる。また、「リーディング力がついたと思う」および「英語の文章を読む速度が速くなったと思う」の項目で 4 以上が 50% を超えていることから、読書スピード計測と理解度テストの

データ検証で表れた効果を半数以上の学生が感覚的に実感していることがわかる。⁷

5.2 英語の多読について—2年生の結果

2年生については多読2年目に入るため、1年次でのアンケート結果との比較を行い、継続的实践における意識変化を中心に調査した。

Table 11 On Extensive Reading (2nd-year students in 2008)

19年度 (1年次, N=152)	5	4	3	2	1
現段階で、英語の多読は好きですか	9	36	39	10	6
英語に対する興味は高まりましたか	8	33	41	14	5
新しい語彙を学びましたか	14	34	34	14	4
英語のリーディング力が上がったと思いますか	14	41	32	11	3
英語を読むことに抵抗はなくなりましたか	9	32	43	11	5
英語の文章を読む速度が速くなったと思いますか	16	47	27	5	5
教室での授業(文法や精読など)は、英語の多読をする上で役に立っていると思いますか	11	38	38	8	5
20年度 (2年次, N=146)	5	4	3	2	1
現段階で、英語の多読は好きですか	4	25	47	17	6
英語に対する興味は高まりましたか	2	28	40	27	3
新しい語彙を学びましたか	3	29	36	24	7
英語のリーディング力が上がったと思いますか	8	47	36	8	3
英語を読むことに抵抗はなくなりましたか	5	29	42	19	3
英語の文章を読む速度が速くなったと思いますか	6	45	31	14	3
教室での授業(文法や精読など)は、英語の多読をする上で役に立っていると思いますか	5	43	37	14	1

数字は全体に占める割合(%), 小数点以下四捨五入

アンケートは、5:強く思う, 4:そう思う, 3:普通(どちらでもない), 2:あまりそう思わない, 1:全くそう思わない, の5段階のリカートスケールを用いた。

表11にあるように、1年次と2年次の結果を比較すると、英語の多読に否定的な学生の割合が15%から23%へと微増となっている。また全体の項目において「5:強く思う」

が減り、「2:あまり思わない」が微増となっている。これは多読が2年目に入り、もはや新鮮さを感じなくなって多少なりともいわゆる「マンネリ化」が起きていると考えられる。この2年目以降のマンネリ現象に対しては、途中で新しい本を導入するなどの方法で、ある程度緩和された。このマンネリ現象も数値的には大きな問題に至っていないが、指導法を工夫するなど今後も改善に向け努力したい。

また、語彙を学んだと思う学生が48%から32%へと減少したが、これは学年が進むに連れて検定教科書などの精読を中心とした授業で学生が身につける語彙が増える一方で、多読では比較的やさしい本を読み続けていることが要因と思われる。やさしい本をたくさん読むことを前提にする多読においてはこれは自然な結果であろう。

その一方で半数以上の学生が「リーディング力が上がったと思う」「英語の文章を読む速度が速くなったと思う」と回答しており、2年目の取り組みにおいても多読の効果を学生が認めていることが判明した。そして「文法や精読などの教室での授業が、英語の多読をする上で役に立っている」と19年度同様に半数近くの学生が感じている点は、本校英語科教員が目指す「机上で学んだ知識を実践する場としての多読」と「多読と文法および精読授業との共存」が成功へ向かっていることの現れと言えよう。

5.3 自由記述—学生の記述から見える成果と課題

自由記述においては、1年生は19年度1年生による記述内容と大きな違いはなかった。肯定的意見は「楽しい」「英語の授業の中では一番好き」「少しずつ読めるようになってうれしかった」などが代表的である。中には「多分今年日本語の本を読んでいないので、多読が一番本を読んだきっかけになったと思う」というものもあった。否定的意見は「おもしろい本がない」「疲れた」「単語がわからないからやっても意味がない」などである。これらの意見については、普段の授業において多読の方法とその目的をきちんと伝えておく必要があると感じる。今後は適宜、学生の疑問点に答えるQ&Aプリントを配布するなどの方法で対処していきたい。

2年生の自由記述は、1年目との違いを中心に記入してもらった。主な意見としては、「読む速さもレベルも上がって、少しずつ楽しくなってきた」「1年目はただ読んで文字数を増やすだけという感じだったが、2年目は本のストーリーを楽しむことができたと思う」「1年生の時より、単語や熟語が分かっていたので、2年生の方が楽しんで読めた」「明らかに読むペースが速くなったし、分からない単語をスルーできるようになった」などである。このような意見によって、多読を長期間継続することで英語の本を読む楽しさを実感できた学生が増えてきていることがわかる。

2年目の学生の書いた否定的意見には「多読の本から学ぶことは少なく、もう少し文法に力を入れたほうが良いと

思った」「多読を行うにあたって、おもしろい本を読まない、記憶に残らず、あまり学習の向上にならないと思った」というものがあつた。これらの意見についての課題としては次の2点が挙げられる。まず、多読は単語や文法を学ぶことが第一の目的ではなく、「やさしい本をたくさん読むことにより、英語を英語のまま(自動的に)理解することを目指す」ことが目的で、そのことをすべての学生に浸透させる必要がある。次に、多くの学生の多様な興味に対応できるだけの多様な本を導入すること、やさしい英語で書かれていても知識が学べ、ある程度「内容の深さ」のある本を導入することである。そのためには、教員側も様々な本を探して導入し、それらを手にして学生に薦める準備を整えておく必要がある。

また、英語多読の自主活動については、1, 2年とも19年度とほとんど変わらない結果となった。

Table 12 Extracurricular Activities of Extensive Reading

図書館や自宅など、授業以外でも多読を自主的に行っていますか。	4	3	2	1
1年 (N=168)	2	4	32	62
2年 (N=145)	1	3	28	68

数字は全体に占める割合(%)、小数点以下四捨五入

表12のアンケートは、4:よく読む, 3:読む, 2:あまり読まない, 1:全く読まない, の4段階のリカートスケールを用いた。

Table 13 Use of Books in the Library

課題以外で、図書館で多読図書 を借りたことがありますか。	ある	ない
1年 (N=168)	7	93
2年 (N=144)	6	94

数字は全体に占める割合(%)、小数点以下四捨五入

表12および表13のように、自主的に多読活動や多読図書利用を行っている学生は少数で、大多数の学生は自主的な活動に消極的である。自律した読者の育成も今後の大きな課題である。

§6 今後の課題

2年目、実質は1年4ヶ月の多読授業を終え、多読が全学科1, 2年生共通の取り組みとなり、多読は呉高専の英語の授業の一部という認識が学生にも浸透した。普通(どちらでもない)という意見を含めると1年次が80%以上、2年次においても76%以上の学生が肯定的な、少なくとも「嫌ではない」取り組みとして捉えている。これは英語に対し

て苦手意識が非常に強い本校の学生としては、かなり好意的な数字と言えよう。

年間1万前後から2万語程度の短時間の多読活動においても、8クラス中6クラスにおいて読書スピードまたは理解度、あるいはその両方に統計的に有意な差(向上)が見られ、残りの2クラスにおいては有意差がないにしても、数値的には上昇しているため、今後の継続的な取り組みによる向上が期待できる。また、学生アンケートによる意識調査においては、半数以上の学生が読書スピードの向上を実感しており、教室での文法や精読授業との相乗効果も認識している。これにより、「机上で学んだ知識を実践する場としての多読」という位置づけが学生にもある程度は伝わっていることが判明した。

また、2年生の結果からは、継続によるマンネリ現象も多少現れたが、多読実践を阻害するほど大きな問題ではなかった。そして自由記述からは、1年次よりよくわかるようになり、楽しく読めるようになったという意見が複数あり、多読の実践を継続することに大きな意義があることが示された。

それと同時に課題も初年度同様に現れている。中でも特に教員側が学生に多読の目的をしっかりと伝え続ける努力を怠らないことが大切である。また、全学的な多読授業は2年生で終了するため、せっかく楽しさを実感し始めた多読が3年生以降は続かなくなる可能性が大きい。初年度からの課題であった「授業外での多読」を促進するため、19年度以降図書館と連携して少しずつ多読図書を増やしている。図書館には20年度末の時点で500冊以上の多読図書があり、多読コーナーが設けられているが、課題以外で多読図書を借りる学生はまだ少ない。先行実践校の豊田高専では、地域住民による多読図書の利用が学生の多読を刺激していると報告している。本校においても地域への図書開放の観点から21年度では市民セミナーでの多読体験を予定し、呉高専の多読実践および多読図書の存在を学外へ広めていきたいと考えている。この他にも多読図書を用いた学内外の取り組みを企画立案し、それにより授業外での多読の促進および多読図書の活用を計っていきたい。そして呉高専の学生が多読の取り組みを自律的に継続し、英語を読むことが自然なことと感じるようになると同時に、学生全体の英語力向上につながることを目指したい。

注

- 1) 平成19年度のTOEIC-Bridgeのデータによると、平均点は高専1年が112.2点に対し、高校1年は118.4点である。
- 2) M科は機械工学科、E科は電気情報工学科、C科は環境都市工学科、A科は建築学科である。各学科とも1学年1クラスの構成で、1クラスは45人前後である。担当教員

- は2名で、江口がM科とE科を、竹山がC科とA科を担当した。その結果、開始時期および実施時間がM科E科とC科A科で異なっている。
- 3) 数値目標は、目標達成のために読書を促進する反面、読んでいないのに記録する「うそ読み」が登場する危険性もある。
 - 4) 読書スピード計測を行うにあたり、直後に理解度テストを行うことを学生には告知している。
 - 5) 4年生が3年次(19年度)に受験したTOEIC-Bridgeの平均点は、E4(受験時E3)が120.9点、A4(同A3)が115.8点である(留学生を除く)。なお、この年度の高専受験者平均スコアは、1年112.2点、2年118.4点、3年121.0点である。
 - 6) 21年度も竹山が同じクラス(現E5, A5)を担当しているが、授業で多読をやりたいという意見も少なからずある。5年では英語科目の時間数が少ないため、多読を行う教室と時間の確保ができず、通常の講読授業を行っている。
 - 7) 数値的には向上したものの統計学的には有意な差と認められなかったクラスにおいても、半数以上の学生が読書スピードや理解度の向上を実感として認めている。
- 12) 堀智子・竹田恒美. 英文多読に関する一考察：英語教育のパラダイム・シフト『高専教育』28, pp. 351-356, 2007.
 - 13) Day, Richard R. and Julian Bamford. *Extensive Reading in the Second Language Classroom*. New York: Cambridge UP, 1998.
 - 14) Krashen, Stephen D. *The Power of Reading—Insights from the Research*. 2nd ed. Westport, CT: Libraries Unlimited, 2004.

参考文献

- 1) 青木久美・新川智清・ジョンソン キャティ・大石敏広・高嶺司. 英語多読・多聴教育2年目を終えて—TOEIC Bridgeの結果と多読総語数との関係『高専教育』30, pp. 445-450, 2007.
- 2) 英語多読研究会 (SSS) <http://www.seg.co.jp/sss/index.html>
- 3) 国際ビジネスコミュニケーション協会 TOEIC 運営委員会 TOEIC Bridge 事務局『TOEIC Bridge DATA & ANALYSIS 2007』2008.
<http://www.toEIC.or.jp/bridge/data/document.html>.
- 4) 酒井邦秀・神田みなみ. 『教室で読む英語 100 万語—多読授業のすすめ』 東京：大修館書店, 2005
- 5) 竹山友子. 呉工業高等専門学校における英語多読授業の実践—初年度4ヶ月の成果と課題『日本多読学会紀要』3(1), pp. 2-18, 2009.
- 6) 西澤一・吉岡貴芳・伊藤和晃. 苦手意識を自信に変える, 英語多読授業の効果『高専教育』30, pp. 439-444, 2007.
- 7) 西澤一・吉岡貴芳・伊藤和晃. 英文多読による読解力評価方法『平成17年度高専教育講演論文集』pp. 37-40, 2005.
- 8) 日本多読学会 <http://www.seg.co.jp/era/index.html>
- 9) 深田桃代・西澤一・長岡美晴・吉岡貴芳. 高専生英語力向上への道：英文多読指導の効果『全国高等専門学校英語教育学会研究論集』27, pp. 1-8, 2008.
- 10) 古川昭夫・伊藤晶子. 『100万語多読入門—辞書を捨てれば英語が読める』 東京：コスモピア, 2007.
- 11) 古川昭夫・神田みなみ・黛道子・西澤一・畑中貴美・佐藤まりあ・宮下いづみ(編著). 『英語多読完全ブックガイド 改訂第2版』 東京：コスモピア, 2007.

平成20年（2008年）

研 究 業 績 一 覧

研究業績一覧凡例

平成20年4月～平成21年3月 (Apr. 2008～Mar. 2009)

この研究業績一覧の論文等は、本校教職員が上記期間中に他誌等へ発表した研究業績である。 **ゴシック体**により標記した者は、**本校教職員**である。 例：**高専太郎, T.KOSEN**
研究業績の範囲は主として次に掲げるものとし、各業績の先頭に番号による区分を示した。

1. 学会誌、協会誌等掲載学術論文（査読付）は〔1〕とした。
2. 国際会議発表*は〔2〕とした。
3. 著書は〔3〕とした。
4. 学会誌、協会誌等掲載記事（総説、解説、技術資料等）、報告書は〔4〕とした。
5. 研究報告等掲載学術論文（査読なし）は〔5〕とした。
6. 学会発表、シンポジウム発表は〔6〕とした。
7. 特許等は〔7〕とした。
8. 芸術活動、建築作品、フィールドワークは〔8〕とした。

注：*はProceeding発表、Symposium発表、Poster Session発表を含む

掲載事項は以下のとおり。

1. 学会誌、協会誌等掲載学術論文（査読付）は〔1〕著者名：論文名：雑誌名、巻（号）、最初頁－最後頁、（発行年）
2. 国際会議発表は〔2〕発表者名：発表題目：発表誌名、巻（号）、最初頁－最後頁、（発表年月、場所）
3. 著書は〔3〕著者名：書名（編集者）：出版社名、（発行年）
4. 学会誌、協会誌等掲載記事、報告書は〔4〕著者名：論文名：雑誌名、巻（号）、最初頁－最後頁、（発行年）
5. 研究報告等掲載学術論文（査読なし）は〔5〕著者名：論文名：雑誌名、巻（号）、最初頁－最後頁、（発行年）
6. 学会発表、シンポジウム発表は
〔6〕発表者名：発表題目：発表誌名、巻（号）、最初頁－最後頁、（発行年）又は
〔6〕発表者名：発表題目：発表会名、（発表年月、場所）
7. 特許等は〔7〕発明者：特許等の名称：登録番号、（登録年）又は
〔7〕発明者：特許等の名称：出願番号、（出願年）
8. 芸術活動、建築作品、フィールドワークは
〔8〕制作者：作品等の名称、（発表年月、発表した場所等） 又は
〔8〕フィールドワーク実施者：フィールドワークの名称、（フィールドワーク実施年月、場所等）

※著者名等は20名を越える場合は最初の10名を記入し、ほか何名とした。

校 長

[2] **Ichita Endo, Makoto Tanaka, Toshihiko Yoshimura**: Possible Use of Small Accelerators in Student Laboratory for Engineering Education; INFN ELOISATRON PROJECT 51st Workshop "Channeling 2008" Charged and Neutral Particles Channeling Phenomena (Erice, Italy, 25 October - 1 November 2008)

 人文社会系分野

- [1] **小助川元太**：醍醐寺所蔵『僧某（行譽）年譜』続考 ―その制作意図と行譽の出自の問題を中心に―：『巡礼記研究』第5集（巡礼記研究会）17p～38p, (2008年9月)
- [1] **小助川元太**：『源平盛衰記』における俊寛の最期 ―〈述懐〉に見る滅罪と救済の構想―：『軍記と語り物』45号（軍記・語り物研究会）48p～61p, (2009年3月)
- [2] **Ganta Kosukegawa** : The Kōsoshū and its Commentaries : 12th International Conference of the European Association for Japanese Studies, (2008,20 - 23 September, Lecce)
- [3] **小助川元太**（分担執筆）：「月庵酔醒記」中（服部幸造・美濃部重克・弓削繁編）：三弥井書店, (2008年9月)
- [5] **小助川元太**：〈翻刻〉奈良県立図書情報館蔵『帝鑑図説』（寛永四年刊本）巻一～巻四：呉工業高等専門学校研究報告, 第70号, 64p～90p (2008年8月)
- [6] **小助川元太**：『源平盛衰記』における俊寛の最期：軍記・語り物研究会 2008年度大会（早稲田大学, 2008年8月）
- [6] **小助川元太**：『後素集』の『帝鑑図説』利用：「室町後期禁裏本の復元的研究」第4回研究会（埼玉大学, 2008年9月）
- [3] **岩城裕之**（分担執筆）：『出雲弁検定教科書』（有元光彦・友定賢治編）：ワン・ライン, (2008年9月)
- [3] **岩城裕之**（分担執筆）：『船しごと, 海しごと。』（商船高専キャリア教育研究会編）：海文堂, (2009年2月)
- [4] **岩城裕之**, 今村かほる（弘前学院大）：看護と方言―よりよい理解と暮らしのために―：ナーシングトゥデイ（日本看護協会）, 2008年10月号：pp.58-61 (2008年)
- [6] **岩城裕之**：病院に行くのは「テキナイ」, 「ウイ」, それとも「ダヤイ」時?―医療・保健・福祉に利用できる方言データベース開発の富山調査から―：広島方言研究会, (2008年6月, 県立広島大学)
- [6] **岩城裕之**：富山県における体調を表す語彙の地域性―看護実習生へのアンケートと臨地調査にみる富山方言の「問題」―：第87回日本方言研究会発表原稿集, pp.27-34, (2008年11月, 岩手大学)
- [6] **岩城裕之**：教育プログラム実践報告―論理的な記述・表現作法講座―：現代 GP フォーラム―海事技術者のキャリア育成プログラム―中間報告, (2008年12月, 東京・海運倶楽部)
- [5] **木原滋哉**：唯物論的国家理論における政治的なもの―「ラディカルな改良主義」の可能性をめぐって：情況, 第77号, pp.106～113, (2008年10月号)
- [4] **宇根俊範**：「天皇家と『源平藤橘』の由来」：『歴史読本』, 第53巻第10号 2008年10月号, 42頁―48頁, (2008年)

- [4] **谷岡憲三**：2008 年度陸上競技成績報告：呉工業高等専門学校一般科目保健体育科陸上競技報告書（第 33 号）（225P），（2009 年 3 月）
- [4] **佐賀野 健**：広島県中学生選抜バレーボール選手の体力測定：（財）広島県バレーボール協会 2008 年度事業報告書，（2009 年）
- [4] **佐賀野 健**：日本バレーボールリーグ機構Vプレミアリーグ試合会場レポート「堺ブレイザーズ対豊田合成トレフェルサ」戦評，（平成 21 年 2 月，呉市総合体育館）
- [4] **佐賀野 健**：日本バレーボールリーグ機構Vプレミアリーグ試合会場レポート「JTサンダーズ対パナソニックパンサーズ」戦評，（平成 21 年 2 月，呉市総合体育館）
- [4] **佐賀野 健**：日本バレーボールリーグ機構Vプレミアリーグ試合会場レポート「パナソニックパンサーズ対堺ブレイザーズ」戦評，（平成 21 年 2 月，呉市総合体育館）
- [4] **佐賀野 健**：日本バレーボールリーグ機構Vプレミアリーグ試合会場レポート「JTサンダーズ対豊田合成トレフェルサ」戦評，（平成 21 年 2 月，呉市総合体育館）
- [1] **江口 誠**：「想像力とロマン主義—シェリーの詩論に関する一考察—」：『英詩評論』，第 24 号，pp. 47-54，（2008 年 6 月）
- [1] **竹山友子**：呉工業高等専門学校における英語多読授業の実践—初年度 4 ヶ月の成果と課題：日本多読学会紀要，第 3 巻第 1 号，pp. 2-18，（2009 年 3 月）
- [6] **竹山友子**：呉高専における英語多読授業の成果と課題～初年度の効果と課題：日本多読学会第 7 回多読教育ワークショップ，（2008 年 8 月，SEG）
- [6] **竹山友子**：多読授業初年度の成果と課題および 2 年目の試み：多読・多聴授業研究会，（2009 年 3 月，豊田工業高等専門学校）
- [1] **栗原武士**："Drinks on the House: Alcohol and Familial Disorder in Raymond Carver's Stories".Phoenix, No.67, pp.19-35, (2008)
- [3] **栗原武士** (分担執筆)：『アメリカ文学における階級：格差社会の真実を問う』（早瀬博範・編）：英宝社（2009）
- [6] **栗原武士**：研究発表「Burnt and Inurned：映画 Elizabethtown にみる火葬とキリスト教」：広島大学アメリカ・エスニック文学プロジェクト研究センター定例研究会（2008 年 9 月，於広島大学）
- [1] **西原貴之**：英語詩を利用した言語形式の焦点化の特徴に関する一考察——詩のコミュニケーションの特徴から——：日本教科教育学会誌，第 31 巻第 2 号，pp.19-28，（2008 年）
- [1] **西原貴之**：「外国語教育における文学」の研究の方向性に関する提案：交流モデルの観点から：教育学研究ジャーナル，第 5 号，pp.31-39，（2009 年）
- [1] **西原貴之**：英詩の解釈プロセスにおける英語学習者の言語形式への気づきの生起：LET 関西支部研究集録，第 12 号，pp.21-35，（2008 年）
- [5] **西原貴之**：詩の読解と説明文の読解における辞書使用の違いについての一考察：第 80 回大会 Proceedings：The 80th General Meeting of The English Literary Society of Japan，24-25 May 2008，pp.35-37，（2008 年）

- [6] **西原貴之**：詩の読解と説明文の読解における辞書使用の違いについての一考察：第 80 回日本英文学会，第 80 回大会資料：The 80th General Meeting of The English Literary Society of Japan, 24-25 May 2008,13,(2008 年，広島大学)
- [6] **西原貴之**：外国語教育における「文学的文学教材」を開発するための一考察 —テキストの書記素論的特徴に焦点を当てて—：第 39 回中国地区英語教育学会，(2008 年，島根大学)
- [6] **西原貴之**：専門用語にみる“Critical”の意味の分類と考察 —CDA との比較を通して—：第 34 回全国英語教育学会，第 34 回全国英語教育学会東京研究大会発表予稿集，pp.496-497，(2008 年，昭和女子大学)
- [6] **西原貴之**：間テキスト性を持った英語詩を活用したリーディング指導：第 61 回日本英文学会中国四国支部大会，第 61 回大会研究発表シンポジウム梗概，14，(2008 年，岡山大学)

自然科学系分野

- [6] **Yuji Akaike**, Naotsugu Chinen (沖縄高専), Kazuo Tomoyasu (都城高専) : Colorings of periodic homeomorphisms : 第 13 回「位相空間とその応用」研究会，(2008 年 8 月，福岡大学セミナーハウス)
- [1] **E.Matsuhashi** : Parametric Krasinkiewicz maps, cones and polyhedral : Houston Journal of Mathematics 2009 年 2 月受理
- [1] **E.Matsuhashi** : Having cut-points is not a Whitney reversible property : Proceedings of the American Mathematical Society 2009 年 1 月受理
- [1] **E.Matsuhashi** and Vesko Valov : Krasinkiewicz spaces and parametric Krasinkiewicz maps : Houston Journal of Mathematics 2008 年 9 月受理
- [1] **E.Matsuhashi** : Some remarks on Whitney preserving maps : Houston Journal of Mathematics 2008 年 6 月受理
- [5] **松橋英市** : Whitney preserving map について : 京都大学数理解析研究所講究録 : No. 1578, pp.46-51, 2008 年
- [6] **松橋英市** : Krasinkiewicz map による近似について : 一般・幾何学的トポロジーの研究動向と諸問題 : (2008 年 10 月 7 日，京都大学)
- [6] **森 貞雄** : レーザ穴明けにおける加工部強度分布の最適化，日本機械学会第 7 回生産加工・工作機械部門講演会講演論文集，pp. 131-132，(2008 年 11 月，長良川国際会議場)
- [1] 高遠節夫 (東邦大学)，阿部孝之 (木更津高専)，泉 源 (〃)，金子真隆 (〃)，北原清志 (工学院大学)，関口昌由 (木更津高専)，**深澤謙次**，山下 哲 (木更津高専) : 授業効果を高める挿図教材の作成 : 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌，第 15 号，pp. 109-118，(2008 年)
- [1] **M. SEKIGUCHI** (木更津高専), **T. ABE** (〃), **H. IZUMI** (〃), **M. KANEKO** (〃), **S. YAMASHITA** (〃), **K. FUKAZAWA**, **K. KITAHARA** (工学院大学) and **S. TAKATO** (東邦大学) : onochrome Line Drawings of 3D Objects due to the Programmability of KETpic : 2008 International Conference on Computational Sciences and its Applications, pp. 277-283, (2008 年)

- [1] M. KANEKO (木更津高専), T. ABE (〃), H. IZUMI (〃), K. KITAHARA (工学院大学), M. SEKIGUCHI (木更津高専), Y. TADOKORO (〃), S. YAMASHITA (〃), **K. FUKAZAWA** and S. TAKATO (東邦大学): A simple method of the TeX surface drawing suitable for teaching materials with the aid of CAS: Lecture Notes in Computer Science, 5102, pp. 35-45, (2008 年)
- [2] S. YAMASHITA (木更津高専), T. ABE (〃), H. IZUMI (〃), M. KANEKO (〃), K. KITAHARA (工学院大学), M. SEKIGUCHI (木更津高専), **K. FUKAZAWA** and S. TAKATO (東邦大学): Monochrome Line Drawings of 3D Objects due to the Programmability of KETpic: The International Conference on Computational Science and its Applications, (2008 年 7 月, Perugia, Italy.)
- [2] M. KANEKO (木更津高専), T. ABE (〃), H. IZUMI (〃), K. KITAHARA (工学院大学), M. SEKIGUCHI (木更津高専), Y. TADOKORO (〃), **K. FUKAZAWA**, S. YAMASHITA (木更津高専) and S. TAKATO (東邦大学): A simple method of the TeX surface drawing suitable for teaching materials with the aid of CAS: International Conference on Computational Science, (2008 年 7 月, Krakow, Poland.)
- [4] 山下哲 (木更津高専), 阿部孝之 (〃), 泉 源 (〃), 金子真隆 (〃), 関口昌由 (〃), **深澤謙次**, 北原清志 (工学院大学), 高遠節夫 (東邦大学): 挿図入り印刷配付教材作成ツールの開発 – 木更津高専数学教員の挑戦 – : 高等専門学校の教育と研究, 第 13 巻第 3 号, pp. 47-52, (2008 年)
- [6] **深澤謙次**, 阿部孝之 (木更津高専), 金子真隆 (〃), 北原清志 (工学院大学), 山下 哲 (木更津高専), 高遠節夫 (東邦大学): Lorentz 収縮に関するシミュレーション教材と KETpic を用いた教材の作成: 日本物理学会 第 64 回年次大会, (2009 年 3 月, 立教大学池袋キャンパス)
- [6] 金子真隆 (木更津高専), 阿部孝之 (〃), 泉 源 (〃), 北原清志 (工学院大学), 越川浩明 (敬愛大学), 関口昌由 (木更津高専), **深澤謙次**, 山下 哲 (木更津高専), 高遠節夫 (東邦大学): Scilab への混合リスト処理の実装について – KETpic の拡張 – : 日本数学会年会, (2008 年 9 月, 東京工業大学)
- [6] 阿部孝之 (木更津高専), 泉 源 (〃), 金子真隆 (〃), 北原清志 (工学院大学), 関口昌由 (木更津高専), **深澤謙次**, 山下 哲 (木更津高専), 高遠節夫 (東邦大学): TeX 描画のための CAS マクロパッケージ KETpic の開発と改良: 第 17 回日本数式処理学会大会, (2008 年 6 月, 城西大学紀尾井町キャンパス)

機械工学系分野

- [6] 三島裕人 (呉高専専攻科), **河野正来**, **中迫正一**, 南 一郎 (岩手大): 歯車のスコ어링強さに及ぼす極性基付リン系極圧添加剤の効果: 日本設計工学会中国支部講演論文集, No. 25, pp. 49-54, (2008 年 6 月, 広島)
- [6] 大久保忠幸 (呉高専専攻科), **河野正来**, **中迫正一**, 南 一郎 (岩手大): 生分解性合成潤滑油の耐スコ어링性能に及ぼすリン系極圧添加剤の影響: 日本機械学会中国四国支部・九州支部合同企画岡山講演会講演論文集, No. 085-2, pp. 69-70, (2008 年 10 月, 岡山)
- [2] T. Yoshimura, K. Takeda (呉高専), Y. Kunisada (呉高専), and H. Abe (大阪大学): Effect of Ultraviolet Rays to Production of Nanoparticle and Strength Evaluation of Nanoparticle: XXII IUPAC SYMPOSIUM ON PHOTOCHEMISTRY, Gothenburg, Sweden, (2008-7) p.134.

- [2] T. Yoshimura, K. Takeda(呉高専), and Y. Kunisada(呉高専) : Production of Carbon Nanoparticles and their Compression Strength Evaluation : Proceedings of 9th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows, Tomsk, Russia, (2008-9) pp.641-644.
- [6] 久保田晋平 (呉高専), **吉村敏彦** : メカノケミカルキャビテーション噴流によるバラスト水浄化技術の開発 : 海洋理工学会 平成 20 年度秋季大会 講演論文集, (2008 年 11 月, 京都大学) pp.57-60.
- [1] **高津康幸**, 増岡隆士 (北九大) : 生体内熱移動方程式に関する一考察 : 日本機械学会論文集 (B編), 第 74 巻 第 747 号, pp.2409-2415, (平成 20 年 11 月)
- [6] **高津康幸**, 増岡隆士 (北九大) : 高レイノルズ数領域での多孔質内流れの流動パターン : 日本機械学会中国四国支部岡山講演会講演論文集, No. 85-2, pp.231-232, (平成 20 年 10 月, 岡山大学)
- [6] **高津康幸**, 増岡隆士 (北九大) : 多孔質発熱体まわりの自然対流 : 日本機械学会中国四国支部第 47 期総会・講演会講演論文集, No. 095-1, pp.133-134, (平成 21 年 3 月, 山口大学工学部)
- [5] **野原 稔** : 缶プレス機の選別機構の開発 : 呉工業高等専門学校研究報告, 70 号, 21 頁-26 頁, (2008 年)
- [2] **岩本英久**, 岡部修吾 (呉高専専攻科), 守屋良治 (呉高専専攻科) : A Study on Chest-press Load Characteristics of the Care Prevention Exercise Machine for Aged Person : Proceedings of the Ninth International Conference on Industrial Management, pp.584-589, (2008 年)
- [2] **岩本英久**, 中島悠太 (呉高専専攻科), 沖野文和 (呉高専専攻科) : A Study on Construction of Knowledge Database for Tradition of Special Welding Skill : Proceedings of the Ninth International Conference on Industrial Management, pp.595-601, (2008 年)
- [6] **岩本英久**, **遠藤一太**, **山岡俊一**, 大西義浩, **仁保 裕**, 及川栄作, **佐賀野 健**, 大東由喜夫 : 高専生テクノロジー育成-新しい形の産学官連携によるイノベーションの創出 : 第 6 回全国高専テクノフォーラム予稿集, p.68, (2008 年 8 月, 呉)
- [6] **岩本英久**, 大東由喜夫, 田村忠士, 迫越正彦 ((株) 豊國), 山路恵司 ((株) 豊國) : 産学連携の成果-マイクロ手術用自在アームレストの高付加価値化とその事業活動 : 第 6 回全国高専テクノフォーラム予稿集, p.76, (2008 年 8 月, 呉)
- [6] **山岡俊一**, **佐賀野 健**, **岩本英久**, 大西義浩, **仁保 裕** : 地域支援活動による人間力育成授業 : 第 6 回全国高専テクノフォーラム予稿集, p.66, (2008 年 8 月, 呉)
- [6] **岩本英久** : 技術系学生を対象としたアントレプレナーシップ教育の定着・発展のために必要なこと : 学生支援 GP テクノシヨップフォーラム予稿集, pp.15-17 (2009 年 1 月, 呉)
- [1] **野村高広** : Excel の反復計算による長方形管内複合対流の数値解析 : 高専教育, 第 32 号, pp. 37-40, (2009 年 3 月)
- [6] 平田雅樹 (呉高専専攻科), **野村高広** : Excel を利用した二重長方形管内複合対流の数値解析 : 日本機械学会中国四国学生会 第 39 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集, p. 83, (2009 年 3 月, 山口大学)
- [1] **山田祐士**, 則次俊郎 (岡山大学) : 空気圧サーボ系に対する適応制御を用いた力制御 : フルイドパワーシステム学会論文集, 第 39 巻 第 5 号, pp. 88-94, (平成 20 年 9 月)

[3] **山田祐士** : 空気圧サーボ系の適応制御に関する研究 : 学位論文 (岡山大学), (平成 20 年 9 月)

[1] 北村 充 (広島大), **上寺哲也**, 濱田邦裕 (広島大), 竹澤晃弘 (広島大) : 部材認識機能を利用した船体構造の形状最適化システムに関する研究 - 船体構造二重底部の形状最適化 - : 日本船舶海洋工学会論文集, Vol. 8, pp.281-289, (2008 年)

電気情報工学系分野

[1] **黒木太司**, 山岡幸一 (元呉高専専攻科, 現東芝), 石川頌平 (元呉高専専攻科, 現富士通研), 村田雄介 (元呉高専専攻科, 現ザインエレクトロニクス), 出穂剛史 (元呉高専専攻科, 現ディークルーテクノロジー), 米山務 (東北工大) : “測距用 60GHz 帯 NRD ガイドパルスレーダ(招待論文)” : 電気学会論文誌 C, Vol. 128, No. 6, pp. 825-831, (2008 年)

[1] **F. Kuroki**, Y. Wagatsuma(東北大), and T. Yoneyama(東北工大) : Distance Estimation in the 60 GHz Band, : IEEE Aerospace and Electronic Systems, Vol. 23, Issue 6, pp.10-12, (June, 2008)

[2] **F. Kuroki**, R. Tamaru(呉高専専攻科), R. Masumoto(元呉高専専攻科, 現シャープ), and Y. Omote(呉高専専攻科) : Bilaterally Metal-loaded Tri-plate Transmission Line (BIT Line) As a Low-loss Printed Transmission Line at Millimeter-Wave Frequencies (Invited Paper) : Proceeding of 2008 China-Japan Microwave Conference, pp.675-678, (September 2008 in Shanghai, China)

[2] S. Kashiwara(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : Bilaterally-etched Cross-meander Line As an Electrically-small Antenna at VHF Band : Proceeding of 2008 China-Japan Microwave Conference, pp.144-146, (September 2008 in Shanghai, China)

[2] K. Takayama(呉高専専攻科), **F. Kuroki**, and T. Yoneyama : NRD Guide Pulse Radar Front-End for Range Estimation at 60 GHz (Awarded the 2008 CJMW Microwave Prize) : Proceeding of 2008 China-Japan Microwave Conference, pp.652-656, (September 2008 in Shanghai, China)

[2] S. Kashiwara(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : A Matching Technique of Miniaturized Cross Meander-line Antenna at 300 MHz Band : Proceedings of the 38th European Microwave Conference, pp. 670-673, (October, 2008 in Amsterdam, Netherlands)

[2] M. Okiyokota(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : A Primary Radiator Using L-shaped Vertical Strip Line with Stub for Planar Antennas at 60 GHz : Proceedings of the 38th European Microwave Conference, pp.936-939, (October, 2008 in Amsterdam, Netherlands)

[2] R. Tamaru(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : Bilaterally Metal-loaded Tri-plate Transmission Line with Loss-reduced Holes as a Low-loss and Low-cost Printed Transmission Lines at Millimeter-wavelengths : Proceedings of the 38th European Microwave Conference, pp.1265-1268, (October, 2008 in Amsterdam, Netherlands)

[2] K. Takayama(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : Signal Processing to Eliminate Multi-Reflected Pulses for NRD Guide Pulse Radar at 60 GHz : Proceedings of the 5th European Radar Conference, pp.372-375, (October, 2008 in Amsterdam, Netherlands)

[2] K. Takayama(呉高専専攻科), **F. Kuroki**, and T. Yoneyama(東北工大) : Range Finding for Multi-layered Targets Using NRD Guide Pulse Radar System at 60 GHz : Electronic Proceedings of Asia Pacific Microwave Conference (December, 2008 in Hong Kong)

- [2] **F. Kuroki**, R. Masumoto(元呉高専専攻科、現シャープ), and K. Miyamoto(元呉高専専攻科、現日本タングステン) : Low-loss Band-pass Filter Using Bilaterally Metal-loaded Tri-plate Strip Transmission Line at 30 GHz : Electronic Proceedings of Asia Pacific Microwave Conference (December, 2008 in Hong Kong)
- [2] M. Okiyokota(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : MIC-fed L-Shaped Vertical Strip Line Primary Radiator for Planar Antennas at 60 GHz : Electronic Proceedings of Asia Pacific Microwave Conference (December, 2008 in Hong Kong)
- [2] S. Kashihara(呉高専専攻科) and **F. Kuroki** : Characteristics of J-Shaped Monopole Antenna Array with Matching Circuit at UHF Band : Electronic Proceedings of Asia Pacific Microwave Conference (December, 2008 in Hong Kong)
- [2] **F. Kuroki**, S. Takeda(呉高専本科), and K. Takayama(呉高専専攻科) : NRD Guide Pulse Radar for Range Finding of Multilayer Targets at 60 GHz, : Electronic Proceedings of National Radio Science Meeting C1-6 (January 2008 in Boulder, USA)
- [2] **F. Kuroki** and N. Matsuda(呉高専専攻科) : Measurement on Effective Conductivities on Over and Under Surfaces of Copper-coated Substrates at Millimeter Wavelengths : Electronic Proceedings of National Radio Science Meeting A2-6 (January 2008 in Boulder, USA)
- [2] **F. Kuroki** and K. Ohue(呉高専専攻科) : Theoretical Study on NRD guide Gunn Oscillator : Electronic Proceedings of National Radio Science Meeting D1-6 (January 2008 in Boulder, USA)
- [5] 柏原慎也 (呉高専専攻科), **黒木太司** : UHF 帯特定小電力無線用小形クロスミアンダラインアンテナ : 呉工業高等専門学校研究報告, 第 70 号, pp. 39-42, (2008 年 8 月)
- [5] 田丸了次 (呉高専専攻科), **黒木太司** : ミリ波帯低廉・低損失プリント伝送線路の提案 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第 70 号, pp. 43-46, (2008 年 8 月)
- [5] 沖横田 誠 (呉高専専攻科), **黒木太司** : 60GHz 帯 MMIC 実装用一次放射器 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第 70 号, pp. 47-50, (2008 年 8 月)
- [5] 高山和也 (呉高専専攻科), **黒木太司** : 60GHz 帯パルスレーダにおける多層膜検知 : 呉工業高等専門学校研究報告, 第 70 号, pp. 51-54, (2008 年 8 月)
- [6] 田丸了次 (呉高専専攻科), **黒木太司** : 低誘電率基板で支持された高誘電率薄板伝送線路のミリ波伝送特性 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 39-42, (2008 年 6 月, 豊橋)
- [6] 柏原慎也 (呉高専専攻科), **黒木太司** : 整合回路付 UHF 帯 J 字形モノポールアンテナの特性 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 43-46, (2008 年 6 月, 豊橋)
- [6] 大上晃一 (呉高専専攻科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大) : 60GHz 帯自己注入型 NRD ガイドガン発振器の Q ファクタ解析 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 59-62, (2008 年 6 月, 豊橋)
- [6] 沖横田 誠 (呉高専専攻科), **黒木太司** : 60GHz 帯平面アンテナ用マイクロストリップ給電 1 次放射器の特性 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 99-102, (2008 年 8 月, 大阪)
- [6] 高山和也 (呉高専専攻科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大) : 不要多重反射波除去信号処理回路を付加した 60GHz 帯 NRD ガイドパルスレーダによる測距実験 : 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 103-107, (2008 年 8 月, 大阪)
- [6] 田丸了次 (呉高専専攻科), **黒木太司** : ミリ波帯高誘電率薄板伝送線路の支持方法に関する一考察 : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-42, (2008 年 9 月, 生田)
- [6] 柏原慎也 (呉高専専攻科), **黒木太司** : スロット線路整合スタブを用いた J 字形モノポールアンテナ : 電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-48, (2008 年 9 月, 生田)

- [6] 沖横田 誠 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 反射板付き L 字形 1 次放射器で給電された 60 GHz 帯平面アンテナの特性: 電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-49, (2008 年 9 月, 生田)
- [6] 高山和也 (呉高専専攻科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大): 60GHz 帯 NRD ガイドパルスレーダを用いた複数ターゲット検知: 電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-87, (2008 年 9 月, 生田)
- [6] **黒木太司**, 大上晃一 (呉高専専攻科), 米山 務 (東北工大): 反射形および帯域阻止形自己注入同期 NRD ガイドガン発振器の Q ファクタ解析: 電子情報通信学会ソサイエティ大会, CS-2-5, (2008 年 9 月, 生田)
- [6] 沖横田 誠 (呉高専専攻科), 中村元紀 (呉高専本科), **黒木太司**: 同軸線路給電 L 字形一次放射器を用いたミリ波平面アンテナの特性: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 101-104, (2009 年 1 月, 東京)
- [6] 田丸了次 (呉高専専攻科), **黒木太司**: ミリ波帯両面金属装荷トリプレート伝送線路の実験的検討: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 105-108, (2009 年 1 月, 東京)
- [6] **黒木太司**: 2008 年 日中合同マイクロ波国際会議出席報告: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 109-112, (2009 年 1 月, 東京)
- [6] 高山和也 (呉高専専攻科), 竹田慎平 (呉高専本科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大): 低ジッタ VCXO 装荷 FPGA 回路を用いた 60GHz 帯 NRD ガイドパルスレーダシステムの測距誤差低減 (第 6 回学生発表会優秀論文賞受賞): 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 23-26, (2009 年 3 月, 東京)
- [6] 表 祐介 (呉高専専攻科), 宮本和哉 (元呉高専専攻科, 現日本タングステン), **黒木太司**: 非対称入出力ポートを有するエバネセント結合伝送回路のインバータパラメータ表示: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 27-30, (2009 年 3 月, 東京)
- [6] 大上晃一 (呉高専専攻科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大): 60GHz 帯 NRD ガイドガン発振器における 2 種の自己注入同期方式の比較検討 (第 6 回学生発表会優秀論文賞受賞): 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 31-34, (2009 年 3 月, 東京)
- [6] 柏原慎也 (呉高専専攻科), **黒木太司**: UHF 帯 J 字形モノポールアレイアンテナの整合回路の検討: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 35-38, (2009 年 3 月, 東京)
- [6] 大上晃一 (呉高専専攻科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大): 60GHz 帯反射形自己注入同期 NRD ガイドガン発振器の位相雑音解析: 電子情報通信学会総合大会, C2-3, (2009 年 3 月, 松山)
- [6] 表 祐介 (呉高専専攻科), 宮本和哉 (元呉高専専攻科, 現日本タングステン), **黒木太司**: 非対称入出力ポートを有するリアクタンス回路のインバータパラメータ表示: 電子情報通信学会総合大会, C2-43, (2009 年 3 月, 松山)
- [6] 沖横田 誠 (呉高専専攻科), 中村元紀 (呉高専本科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大): イメージ NRD ガイドを用いた NRD ガイド一同軸線路変換器の考察: 電子情報通信学会総合大会, C-2-82, (2009 年 3 月, 松山)
- [6] 田丸了次 (呉高専専攻科), **黒木太司**: FR-4 基板で構成した両面金属装荷トリプレート線路の伝送損失: 電子情報通信学会総合大会, C2-85, (2009 年 3 月, 松山)
- [6] 柏原慎也 (呉高専専攻科), **黒木太司**: J 字形モノポールアレイアンテナの等価回路: 電子情報通信学会総合大会, C-2-90, (2009 年 3 月, 松山)
- [6] 沖横田 誠 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 反射板実装同軸給電 L 字形 1 次放射器を用いた 60GHz 帯ミリ波平面アンテナ: 電子情報通信学会総合大会, C-2-92, (2009 年 3 月, 松山)
- [6] 高山和也 (呉高専専攻科), **黒木太司**, 米山 務 (東北工大): 60GHz 帯 NRD ガイドパルスレーダシステムにおける測距誤差低減の検討: C-2-103 電子情報通信学会総合大会, (2009 年 3 月, 松山)

- [7] 山口博文 (日本タングステン), 末吉知力也 (日本タングステン), **黒木太司**: 誘電体アンテナ: 2008年7月10日公開, 特開 2008-1 60825
- [7] 沢田宏和 (東北工大), 米山 務 (東北工大), **黒木太司**: 広帯域 NRD ガイド結合器: 2008年7月16日発行, 特許第 4119783 号
- [7] **黒木太司**, 南谷康次郎 (新日本無線): アンテナ: 2009年1月23日発行, 特許第 4249378 号
- [7] 末松英治 (シャープ株), 山口倫史 (〃), 鈴木海彦 (〃), **黒木太司**: アンテナシステム, 及び放送受信装置, 2009年3月11日発行, 特許第 4237724 号
- [1] **藤井敏則, 野村博昭**, 大西義浩, 坂井貴彦, 池本浩一郎: eラーニングによる教育システムの構築と実践: 高専教育 第32号, pp. 375-380, (2009)
- [2] **Hiroaki Nomura, Y. Hara** (工学院大), **Y. Takahashi** (早大), **M. Tohyama** (〃) and **K. Miyoshi** (工学院大): Perception of Sound Source Distance and Loudness in a Coherent Field of a Reverberant Field: Acoustics'08 Paris S756, June 29-July 4, 2008, 155th ASA Meeting
- [2] **Hiroaki Nomura, Y. Hara** (工学院大), **M. Tohyama** (早大) and **K. Miyoshi** (工学院大): Subjective Evaluation for Music Recording Position in a Coherent Region of a Reverberant Field: ASE 124th Convention, Amsterdam, The Netherlands, 2008 May 17-20, pp.2-8, (2008)
- [5] **山崎 勉**: 大気圧ヘリウムグロー放電の気体温度の測定: 呉工業高等専門学校研究報告, 第70号, 33頁-37頁, (平成20年)
- [6] **山崎 勉**: 大気圧グロー放電の気体温度と電子密度の測定: 電気・情報関連学会中国支部第59回連合大会講演論文集, 343頁, (平成20年10月, 鳥取)
- [6] **板東能生**, 岡本波也, 栗原宏昌, 平井一行, 松田啓祐: ペルティエ素子と空冷ファンによる温度制御: 第5回日本熱電学会学術講演会 (2008. 8/21, 早稲田大学大久保キャンパス)
- [2] **Hiroataka Inoue**: Self-Organizing Neural Grove: Efficient Multiple Classifier System with Pruned Self-Generating Neural Trees: Proceedings of 18th International Conference of Artificial Neural Networks, Vol. LNCS5163 (Part I), pp.623-631, (Sep. 2008, Prague, Czech Republic)
- [3] **井上浩孝** (分担執筆): 自己組織化マップとそのツール (大北正昭, 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 権田英功): シェプリンガー・ジャパン, (2008年)
- [6] 佛圓和之 (呉高専専攻科), **井上浩孝**: 自己生成ニューラルネットワークを用いたアンサンブル学習法に関する研究: 平成20年度 電気学会中国支部第一回高専研究発表会, (2009年3月, 広島)
- [1] **T. Mishima** and **M. Nakaoka** (慶南大): Higher constant switching frequency-based HF-link half-bridge PWM DC-DC converter topology with ZCS commutations: The Institute of Engineering and Technology (IET) Electronics Letters, Vol.44 No.12, pp.769-770, Jun. 2008.
- [1] **T. Mishima**, **E. Hiraki** (山口大), **T. Tanaka** (〃), and **M. Nakaoka** (慶南大): A Novel Half-Bridge Asymmetrical ZCS-PWM DC-DC Converter with High Frequency-Link: 電気学会論文誌産業応用部門, Vol. 128 No. 4, pp. 388-395, (2008年4月)
- [1] **三島 智和**, 森本 慶樹 ((株) ダイヘン), 中岡 睦雄 (慶南大): 循環電流低減機能をもつ高周波絶縁形位相

- シフト制御 PWM ソフトスイッチング 3 レベル DC-DC コンバータ, パワーエレクトロニクス学会論文誌, Vol. 34, pp. 111-117, (2009 年 3 月)
- [2] T. Mishim, M. Nakaoka (山口大) and E. Hiraki (〃) : A Constant Frequency Asymmetrical ZCS-PWM Half-Bridge DC-DC Converter with Active Auxiliary Edge-Resonant Snubber : Proc. 2008 European Power Electronics and International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC'08), (Poland, Sep. 2008).
- [2] T. Mishima and M. Nakaoka (慶南大) : Performance Evaluation on a Fixed-Frequency ZCS-PWM Asymmetrical Half-Bridge DC-DC Converter with Auxiliary Active Edge-Resonant Snubber : Proc. of 39th IEEE Power Electronics Specialists Conference (IEEE-PESC'08), (Greece, Jun. 2008).
- [2] T. Mishima, and M. Nakaoka (慶南大) : An Asymmetrical ZCS-PWM Half-Bridge DC-DC Converter with Active Auxiliary Edge-Resonant Snubber : Proc. 2008 IEEE International Conference on Industrial Technology (IEEE-ICIT'08), Conference CD-ROM, Paper ID No. MP2-B6(Seven pages), (China, Apr. 2008).
- [2] H. Sugimura (慶南大) , T. Mishima, S.P. Mun (慶南大) , S.K. Kun (〃) , and M. Nakaoka (〃) : Active Clamped Edger-Resonant PWM High-Frequency Cyclo-Converter Using Bidirectional Switches : Proc. of 39th IEEE Power Electronics Specialists Conference (IEEE-PESC'08), (Greece, Jun. 2008).
- [2] H. Sugimura (慶南大) , S.P. Mun (〃) , S.K. Kwon (〃) , T. Mishima, and M. Nakaoka (慶南大) : Direct AC-AC Resonant Converter using One-Chip Reverse Blocking IGBT-Based Bidirectional Switches for IH Induction Heaters: Proc. of 2008th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, (IEEE-ISIE'08), (Jun. 2008).
- [3] 三島智和, 木村友則 ((株) デンソー), 篠原貞夫 ((株) 本田技研) : ソフトスイッチング技術とその実用化 最新動向- 自動車用電力変換器, 電気学会技術報告書 第 1119 号 (分担執筆), pp. 54-57, 2008 年 6 月発行
- [3] 三島智和, 中岡睦雄 (慶南大) : 自動車用電源システムマネージメント技術 - パワーエレクトロニクス, 電気学会技術報告書 第 1121 号 (分担執筆), pp. 73-79, 2008 年 7 月発行
- [6] 三島智和, 森本慶樹 ((株) ダイヘン), 中岡睦雄 (慶南大) : 2 次側位相シフト ZCS-PWM 整流スイッチを用いたソフトスイッチング 3 レベル DC-DC コンバータ : 21 年電気学会全国大会講演論文集, Vol. 4, pp. 69-70, (2009 年 3 月, 北海道)
- [6] 三島智和, 服部将之 ((株) ダイヘン), 築山大輔 (〃), 三宅修治 (〃), 中岡睦雄 (慶南大) : ZCS-PWM 共振モジュールを用いた昇圧型 DC-DC コンバータの実証的評価 : 電気学会半導体電力変換研究会資料, SPC-09-08, pp. 43-48, (2009 年 1 月, 大阪)
- [6] 三島智和, 中岡睦雄 (慶南大) : 二次側同期スイッチ位相シフト方式 ZVS-PWM フルブリッジ DC-DC コンバータ実証評価 : 20 年度電気関係学会関西支部大会講演論文集, p. 12, (2008 年 11 月, 京都)
- [6] 三島智和, 平木英治 (山口大), 中岡睦雄 (慶南大) : 固定周波非対称 PWM 制御ソフトスイッチングハーフブリッジ DC-DC コンバータ : 電気学会半導体電力変換研究会資料, SPC-09-09, pp. 49-56, (2009 年 1 月, 大阪)
- [6] 三島智和, 中岡睦雄 (慶南大) : 新方式部分共振スナバセルを用いたソフトスイッチング昇圧型 DC-DC コンバータ : 20 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, p. 314, (2008 年 10 月, 鳥取)
- [6] T. Mishima, K. Morimoto ((株) ダイヘン), S. P. Mun (慶南大), M. Nakaoka (〃) : A Novel Soft-Switching Phase-Shifted PWM Three-Level DC-DC Converter with Primary-Side Circulating Current Reduction Scheme : 電気学会

半導体電力変換研究会資料, SPC-08-115, pp. 1-6, (2008年9月, 韓国)

[6] **三島智和**, 中岡睦雄 (慶南大): アクティブ ZVS-PWM 整流器方式高周波絶縁形ソフトスイッチング DC-DC コンバータとその特性評価: 20年度電気学会産業用部門大会講演論文集, Vol. 1, pp. 327-330, (2008年8月, 高知)

[6] **三島智和**, 杉村央生 (慶南大), 森本慶樹 ((株) ダイヘン), 土井敏光 (〃), 中岡睦雄 (慶南大): 循環電流低減機能をもつ高周波絶縁形 3 レベルソフトスイッチング DC-DC コンバータ: 第 174 回パワーエレクトロニクス学会定例研究会講演論文資料, JIPE-34-10, (2008年8月, 岡山)

[6] 新谷謙治 (呉高専本科), **三島智和**, 中岡睦雄 (慶南大): 非絶縁昇圧型 DC-DC コンバータにおける SiC-SBD 導入効果の検討: 第 176 回パワーエレクトロニクス学会定例研究会(若手のための研究会)講演資料, JIPE-34-35, pp. 206, (2008年12月, 神戸)

[6] 吉村 悠 (呉高専本科), **三島智和**, 住吉眞一郎 ((株) パナソニック), 中岡睦雄 (慶南大): IH 用 1 ダイオード導通型ワンステージソフトスイッチング高周波フルブリッジインバータの検討: 第 176 回パワーエレクトロニクス学会定例研究会(若手のための研究会)講演資料, JIPE-34-46, pp. 217, (2008年12月, 神戸)

[6] 藤岡和輝 (呉高専本科), **三島智和**, 中岡睦雄 (慶南大): 高周波トランスリンク ZVZCS-PWM3 レベル DC-DC コンバータにおけるカップルドインダクタフィルタの設計法の検討: 第 176 回パワーエレクトロニクス学会定例研究会(若手のための研究会)講演資料, JIPE-34-50, pp. 221, (2008年12月, 神戸)

[6] 吉村 悠 (呉高専本科), **三島智和**, 住吉眞一郎 ((株) パナソニック), 中岡睦雄 (慶南大): IH 用高効率ワンステージソフトスイッチング高周波フルブリッジインバータの検討: 平成 20 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, p. 315, (2008年10月, 鳥取)

[6] 杉村央生 (慶南大), **三島智和**, S. P. Mun (慶南大), S. K. won (〃), 土井敏光 ((株) ダイヘン), 山口耕作 (〃), 森本慶樹 (〃), 中岡睦雄 (慶南大): 周波絶縁 3 レベル位相シフト PWM ソフトスイッチング DC-DC コンバータ: 電子情報通信学会技術研究報告(電子通信エネルギー技術), Vol. 108 No. 150, pp. 101-106, (2008年7月, 釧路)

[6] 杉村央生 (慶南大), 住吉眞一郎 ((株) パナソニック), S. P. Mun (慶南大), **三島智和**, 平木英治 (山口大), 中岡睦雄 (慶南大): FB-1 ダイオード導通 ZCS-PFC 整流機能をもつ新方式 HB 高周波負荷共振 ZVS-PWM インバータ: 電気学会半導体電力変換研究会資料, SPC-09-10, pp. 57-62, (2009年1月, 大阪)

[6] 西村和則 (広島工大), 杉村央生 (慶南大), **三島智和**, 衛藤哲弥 ((株) ダイヘン), 土井敏光 (〃), 森本慶樹 (〃), S. P. Mun (慶南大), S. K. Kwon (〃), 中岡睦雄 (〃): 中性点クランプ (NPC) 3 レベル位相シフト PWM 部分共振ソフトスイッチング高周波絶縁リンク DC-DC コンバータ: 平成 20 年度電気関係学会関西支部大会講演論文集, G-77, (2008年11月, 京都)

[6] 杉村央生 (慶南大), 衛藤哲弥 ((株) ダイヘン), 土井敏光 (〃), 森本慶樹 (〃), **三島智和**, S. P. Mun (慶南大), 中岡睦雄 (〃): 中性点クランプ (NPC) 3 レベル位相シフト PWM 部分共振ソフトスイッチング高周波リンク DC-DC コンバータ: 平成 20 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp. 301-302, (2008年10月, 鳥取)

[6] T. Etoh ((株) ダイヘン), T. Doi (〃), K. Morimoto (〃), **T. Mishima**, and M. Nakaoka (慶南大), A Novel Input DC Rails Side Diode Clamped-Active Edge Resonant Cells PWM DC-DC Converters with High Frequency Planar Transformer Link, 平成 20 年度電気学会産業用部門大会講演論文集, Vol. 1, pp. 335-3340, (2008年8月, 高知)

- [6] H. Sugimura (慶南大), S. P. Mun (〃), **T. Mishima**, E. Hiraki (山口大), M. Nakaoka (慶南大), S. Sumiyoshi (株パナソニック), and H. Ohmori (〃) : A Proposal of Soft-Switching PWM High Frequency Resonant Inverter Operating at New PFC Functional Scheme for Consumer IH Appliances : 平成 20 年度電気学会産業用部門大会講演論文集, Vol. 1, pp. 367-372, (2008 年 8 月, 高知)

環境都市工学系分野

- [2] Nakai, S. (復建調査設計), Sasaki, Y. (国土技術研究センター), Kaibori, M. (広島大) and **Moriwaki, T.** : The risk information method of sediment-related disaster with the rainfall index reflected regional characteristics : Proceedings of the International Workshop on Geotechnical Nature Hazards, CD-ROM, (2008.10-11, Keelung, Taiwan)
- [4] **森脇武夫** : 弾粘性圧密理論に基づく残留沈下予測 : 平成 20 年度実務における圧密沈下予測と対策講習会講演資料, 地盤工学会, pp. 57-63, (2008. 8)
- [6] 中井真司 (復建調査設計), 海堀正博 (広島大), 佐々木 康 (国土技術研究センター), **森脇武夫** : 土砂災害警戒雨量指標 R' をより効率的に使うための監視雨量強度 R_R の提案とその活用 : 第 43 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp. 1975-1976, (2008. 7, 広島市)
- [6] **森脇武夫**, 貫目美智恵 (呉高専専攻科), 上本雄也 (〃) : 降雨時の不攪乱まさ土の強度変形特性 : 平成 20 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, CD-ROM, No. 3016, (2008. 5, 東広島市)
- [6] **森脇武夫**, 山根菜摘 (呉高専専攻科), 吉川秀平 (JR 西日本) : 自然堆積粘土の圧密特性と骨格構造の評価法 : 平成 20 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, CD-ROM, No. 3039, (2008. 5, 東広島市)
- [6] 蔦川 徹 (中電技術コンサルタント), **森脇武夫**, 服部 晃 (日本触媒), 岡本功一 (〃), 渡辺修士 (中電技術コンサルタント), 平尾隆行 (〃) : 表面処理を施した基礎杭打設による海面処分場の底面遮水工に与える影響 : 第 19 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 678-680, (2008. 11, 京都市)
- [6] **竹内準一**, 中村駿斗 (上田三中), 小林 雄 (〃), 竹内友一 (〃), 田守将大 (〃), 木村祐斗 (〃), 小山貴寛 (〃) : 河川を流下する水生昆虫の脱皮殻に付着するキチン分解細菌 - 生態学的な意義および理科教材化への検討 - : 日本陸水学会甲信越支部会, (2008 年 11 月 23 日, 安曇野市)
- [2] **Eisaku Oikawa**, Yoshinobu Ishibashi (東北学院大) and Youn-Hee HAN (〃) : Analyses of growth factors of taste and odor producing algae by fuzzy neural network : 8th IWA Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment, pp.361-367, (5-9 Oct. 2008, Korea)
- [5] **及川栄作** : かき養殖用発泡スチロール製いかだの微生物分解処理法に関する研究 : 海・技・人の光る呉市周辺沿岸島嶼部の総合人材育成平成 20 年度成果報告書, p.19
- [6] 村上将也, 石橋良信 (東北学院大), **及川栄作** : 16SrRNA と 23SrRNA 遺伝子間のスペーサー部位を適用した *Anabaena* 属の分類 : 第 59 回全国水道研究発表会, (2008 年 5 月 仙台市)
- [6] 村上将也, 石橋良信 (東北学院大), **及川栄作** : かび臭産生藍藻類 *Anabaena* 属の遺伝子工学的分類 : 第 43 回

日本水環境学会年会，(2009年3月 山口大)

- [7] **及川栄作**，石橋良信（東北学院大）：アオコ発生予測と発生防止法，特開 2008-214942，(平成 20 年 9 月 18 日)
- [7] **及川栄作**，大沼信一，西野徳三（東北大工）：臭気物質の同定法並びにそのための新規 DNA，それを含む組換えベクター，それを含む微生物，該微生物から成る臭気センサー及び該微生物を用いた 2-メチルイソボルネオールの検出方法，登録番号第 4127874 号，(平成 20 年 5 月 23 日)
- [1] **河村進一**，**中野修治**：土木の実務に特化したエンジニアリングデザイン教育の試み：論文集「高専教育」，第 32 号，pp.153-158，(2009)
- [6] **河村進一**，**中野修治**：呉高専環境都市工学科のエンジニアリング・デザイン教育－国土交通省中国地方整備局と連携した「道路計画演習」－：土木学会第 63 回年次学術講演会，CS12-01，(2008.9.，仙台)
- [6] 原垣内章弘（呉高専専攻科），**河村進一**：斜張橋ケーブルの施工時の温度変化推定に関する研究：平成 20 年度土木学会中国支部研究発表会，I-46，(2008.5.，東広島)
- [1] **重松尚久**，花岡 尚（呉高専専攻科），室 達朗（愛媛大学）：道路建設における環境に優しい硬質岩盤剥離掘削技術の開発：平成 20 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集，pp.107-110，(2008 年 10 月)
- [2] **Takahisa SHIGEMATSU**，Tatsuro MURO（愛媛大学），Nobuo TERAO((株)ベスターズ)，Noboru ODA（株式会社スターロイ），Takashi HANAOKA（呉高専専攻科）：DEVELOPMENT OF A HARD ROCK EXCAVATOR BY USING AN EDGE EXCAVATION：Proceedings of the 16th International Conference International Society for Terrain-Vehicle Systems，pp.276-280，(2008 年 11 月)
- [4] **重松尚久**，室 達朗（愛媛大学），寺尾信夫（(株)ベスターズ）：岩盤に対する深礎掘削機的设计：建設機械 8 月号 第 522 号，pp.54-58，(2008 年 8 月)
- [6] **重松尚久**，外山勇希（呉高専専攻科）：ポイントアタックビットを用いた硬質岩盤切掘削機の掘削性能について：第 60 回平成 20 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集，VI-11，(2008 年 5 月，東広島)
- [6] **重松尚久**，花岡 尚（呉高専専攻科）：ディスクカッタビットを用いた硬質岩盤掘削機の掘削性能について：第 60 回平成 20 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集，VI-12，(2008 年 5 月，東広島)
- [6] **重松尚久**：道路建設における環境に優しい硬質岩盤剥離掘削技術の開発：第 23 回新技術・新工法発表会，(2008 年 9 月，広島)
- [6] **重松尚久**，室 達朗（愛媛大学），花岡 尚（呉高専専攻科）：端面掘削方式を利用した硬質岩盤掘削機の開発：第 29 回テラメカニクス研究会，(2008 年 9 月，夕張)
- [6] 中野光隆（国土交通省中国地方整備局），**黒川岳司**：流動促進装置が導入された小規模な貯水池における装置の効果と気象の関係：第 60 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，II-39，(2008 年 5 月，東広島市)
- [1] 塚原真理子（名工大），藤田素弘（〃），**山岡俊一**：商店街におけるコミュニティ道路と店舗種別ごとの駐停車実態分析：土木計画学研究・論文集，Vol.25 no.3，pp.551-560，(2008 年 9 月)
- [6] 平原 睦（呉高専専攻科），**山岡俊一**，**小堀慈久**，奥田靖貴（呉高専専攻科）：豪雨による斜面災害と避難行動に対する住民意識に関する基礎的研究：第 60 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，CD-ROM，IV-10，

(2008年5月, 東広島市)

- [6] 本田将大 (呉高専専攻科), **山岡俊一** : 地区交通安全対策実施地区の維持管理に対する住民の協力意識 : 第60回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, CD-ROM, IV-16, (2008年5月, 東広島市)
- [6] **山岡俊一**, **遠藤一太**, **岩本英久**, 大西義浩 (愛媛大), **仁保 裕**, **大東由喜夫** : 擬似会社の経営体験による人間力教育 : 平成20年度高専教育講演論文集, pp. 289-292, (2008年8月, 東京都)
- [6] **山岡俊一** : 高齢者居住世帯の多い斜面住宅地における住民の防災意識に関する研究 : 第11回日本福祉のまちづくり学会全国大会概要集, pp. 109-112, (2008年9月, 新潟市)
- [6] 本田将大 (呉高専専攻科), **山岡俊一** : 地区交通安全対策実施地区の維持管理における住民協力の可能性に関する基礎的検討 : 土木学会年次学術講演会講演概要集IV部門, CD-ROM, DISC2, 第63回, pp. 717-718, (2008年9月, 仙台市)
- [1] **堀口 至**, 市坪 誠 (国立高専機構), 田中雅章 (中国電力), 福本 直 (エネルギー・エコ・マテリア) : 耐硫酸性を有するPFBC灰硬化体の圧縮強度 : コンクリート工学年次論文集, Vol. 30 No.2, pp. 529-534, (2008)
- [1] **堀口 至**, 竹村和夫 : 牡蠣殻骨材を用いたポーラスコンクリートの基礎特性 : セメント・コンクリート論文集, No. 62, pp. 538-543, (2008)
- [6] **堀口 至**, 竹村和夫 : 牡蠣殻骨材を用いたポーラスコンクリートの基礎特性 : 第62回セメント技術大会講演要旨, pp. 122-123, (2008.5, 東京都)
- [6] 島津邦彦 (呉高専専攻科), **堀口 至**, 竹村和夫 : ポーラスコンクリートの基礎特性に及ぼす牡蠣殻骨材の影響 : 土木学会中国支部第60回研究発表会発表概要集 (CD-ROM), (2008.6, 東広島市)
- [6] **堀口 至**, 竹村和夫, 島津邦彦 (呉高専専攻科) : 牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能に関する基礎的実験 : 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp. 841-842, (2008.9, 仙台市)
- [6] 友村圭祐 (神戸大), **堀口 至**, 市坪 誠 (国立高専機構), 田中雅章 (中国電力) : PFBC灰硬化体の耐硫酸性に細孔構造が与える影響 : 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp. 611-612, (2008.9, 仙台市)
- [6] 福本 直 (エネルギー・エコ・マテリア), 岩田数典 (中国電力), **堀口 至**, Paweena Jariyathitipong (ランデス) : 加圧流動床灰を主結合材としたコンクリートの蒸気養生時における強度発現性 : 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp. 797-798, (2008.9, 仙台市)
- [1] 浜梶方希 (山口大), **三村陽一**, 石田邦洋 (ピーエス三菱), 吉武 勇 (山口大) : 高強度膨張コンクリートと異形鉄筋の局部付着特性 : コンクリート工学年次論文集, 30(3), pp. 739-744, (2008)
- [6] 工藤靖之 (山口大), 矢部明人 (構造計画研究所), **三村陽一**, 宮本文穂 (山口大) : 振動計測による橋梁模型桁の損傷同定を目的としたSVMの適用 : 土木学会中国支部第60回研究発表会, (2008年5月, 広島大)
- [6] 木下 充 (山口大), 矢部明人 (構造計画研究所), **三村陽一**, 宮本文穂 (山口大) : 橋梁模型桁の振動特性と損傷検知に関する考察 : 土木学会中国支部第60回研究発表会, (2008年5月, 広島大)
- [6] 岡田典泰 (山口大), 矢部明人 (構造計画研究所), **三村陽一**, 宮本文穂 (山口大) : ウェーブレット解析を用いた橋梁模型桁の損傷判定 : 土木学会中国支部第60回研究発表会, (2008年5月, 広島大)

- [6] 砂町康夫 (山口大), 河野博幸 (山口小野田レミコン), 石川慶典 (大鉄工業), 北村耕平 (山口小野田レミコン), 池永 厚 (〃), **三村陽一**, 吉武 勇 (山口大): 高炉セメントを用いた若材齢コンクリートの強度におよぼすセメント量の影響: 土木学会中国支部第 60 回研究発表会, (2008 年 5 月, 広島大)
- [6] **三村陽一**, 吉武 勇 (山口大), 坂本裕樹 (〃), 浜梶方希 (〃), 石田邦洋 (ピーエス三菱), 田邊 将 (山口大): 膨張材量および水粉体比の異なる RC 棒部材の曲げひび割れ発生応力, 土木学会第 63 回年次学術講演会, (2008 年 9 月, 東北大)

建築学系分野

- [2] **M. TERAOKA**: Effect of Anchorage Performance of Beam Bars within Beam-Column Joints and Joint Shear Stress Levels on Restoring Force Characteristics in Reinforced Concrete Frames: Proceeding of The 10th Japan-Taiwan-Korea Joint Seminar on Earthquake Engineering for Building Structures(SEEBUS2008), pp.217-226,(Oct.10-11,2008, Jeju,Korea)
- [4] **寺岡 勝**: 鉄筋コンクリート造有開口壁の損傷度, 耐力および変形能力の評価に関する研究: 豊橋技術科学大学 高専連携教育研究プロジェクト共同研究報告概要, 2pp., (2009 年 7 月)
- [4] **寺岡 勝**: 自己歪応力による鉄筋コンクリート造建築物の損傷の調査・検討とそれが耐震性能に及ぼす影響の評価: 前田記念工学振興財団平成 19 年度助成 実施研究報告書, 5pp., (2008 年 8 月)
- [4] **寺岡 勝**: 地盤沈下に伴う支持杭の抜け上がりが鉄筋コンクリート構造物の損傷に及ぼす影響の調査とそれが耐震性能に及ぼす影響の評価: 大林都市研究振興財団平成 19 年度助成 研究助成実施報告書, 6pp., (2008 年 8 月)
- [4] **寺岡 勝**: 学術講演会オーガナイズドセッション講評: 低強度コンクリートの補強②: 建築雑誌, Vol124 No.1586, p.50, (2009 年 2 月)
- [4] **寺岡 勝**: 原爆ドームの耐震対策にかかる煉瓦構造と鉄骨補強の一体性調査: 広島市よりの受託研究報告書, 48pp., (2009 年 2 月)
- [4] **寺岡 勝**: 低強度コンクリートに関する特別研究委員会報告書, 分担執筆 (3.4 自己歪応力による損傷を有する低強度鉄筋コンクリート造骨組の耐震性能): 日本コンクリート工学協会中国支部, pp.87-94, (2009 年 2 月)
- [4] **寺岡 勝**: 既存煉瓦構造建築物の耐震補強方法に関する基礎的実験研究: 豊橋技術科学大学 高専連携教育研究プロジェクト共同研究報告書, 25pp., (2009 年 3 月)
- [5] **M. TERAOKA** and **Y. FUKUHARA** (呉高専名誉教授): Investigation and theoretical examination of damages of an old reinforced concrete school building due to self-strain stresses: 呉工業高等専門学校研究報告, 第 70 号, pp. 55-61, (2008 年)

- [5] **寺岡 勝, 仁保 裕**, 福原安洋 (呉高専名誉教授) : 自己歪応力による鋼構造骨組の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 : 日本鉄鋼連盟, 2007 年度公募研究成果梗概集一建築部門一, pp. 83-90, (2008 年 9 月)
- [6] **寺岡 勝**, 福原安洋 (呉高専名誉教授), 谷岡洋介 (広島大学大学院) : 自己歪応力による損傷を有する低強度 RC 造建築物の耐震性評価 : 日本建築学会大会学術講演梗概集 (梗概選抜), 構造IV, pp. 1-4, (2008 年 9 月, 広島大学)
- [6] 谷岡洋介 (広島大学大学院), **寺岡 勝**, 福原安洋 (呉高専名誉教授) : 自己歪応力による鉄筋コンクリート造物の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 (その 3 温度変動に伴うひび割れ幅の変動調査) : 日本建築学会学術講演梗概集, 構造IV, pp. 108-109, (2008 年 9 月, 広島大学)
- [6] 高森直樹 (フジタ), 佐々木 仁 (〃), 佐藤幸博 (〃), 五味晴人 (カテカ), **寺岡 勝** : 鉄骨ブレース直付け法により補強された RC 架構の耐震性能に関する実験的研究 : 日本建築学会学術講演梗概集, 構造V, pp. 779-780 (2008 年 9 月, 広島大学)
- [6] **寺岡 勝**, 福原安洋 (呉高専名誉教授), **仁保 裕**, 谷岡洋介 (広島大学大学院), 川手康大 (呉高専専攻科) : 自己歪応力による鋼構造骨組の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 (その 3 ブレース付き骨組およびブレース端部取付詳細の検討実験) : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 32 巻, CD-ROM (234), (2009 年 3 月, 島根大学)
- [6] **寺岡 勝**, 高森直樹 (フジタ) : 若材齢時における超高強度コンクリートの付着特性 : 日本建築学会中国支部研究報告集 第 32 巻, CD-ROM (264), (2009 年 3 月, 島根大学)
- [6] **寺岡 勝**, 谷岡洋介 (呉高専専攻科) : 地盤沈下による鉄筋コンクリート構造物の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 (その 2 既存建築物の損傷状態の調査 (2)) : 日本建築学会中国支部研究報告集 第 32 巻, CD-ROM (269), (2009 年 3 月, 島根大学)
- [7] **寺岡 勝**, 森 紘二 (フジタ), 胡木清人 (〃) : 場所打ちコンクリート杭用鉄筋かご : 特許第 4147101 号, (2008 年 6 月 27 日登録)
- [1] **篠部 裕**, 新田瑠衣 (名古屋工大大学院), **山岡俊一** : 学生支援を伴う小学校におけるまちづくり学習の実践と評価 : 高専教育, 第 32 号, pp. 477-482, 2009 年
- [5] **篠部 裕** : 企業都市における中核企業の盛衰に伴う都市整備の課題 : 近代の空間システム・日本の空間システム 都市と建築の 21 世紀 : 省察と展望, pp. 125-126, 2008 年 10 月
- [6] **篠部 裕**, 新田瑠衣 (呉高専専攻科), 田中美希 (呉高専建築学科) : 総合的な学習の時間におけるまちづくり学習の実践と評価 学生支援を伴う地域活性化を考慮したまちづくり学習のあり方 : 「住まい・まち学習」実践報告・論文集 9, pp. 9-14, 2008 年 8 月
- [6] **篠部 裕** : 企業と連携した農山村の空間管理 ～一社一村しずおか運動～ : 2008 年度日本建築学会大会 (中国) 農村計画部門/研究協議会資料, pp.61-62, (2008 年 9 月, 広島大学)
- [6] 大田ひろみ (呉高専専攻科), **篠部 裕** : 小学校の屋上庭園に関する基礎的研究 屋上庭園の授業や休憩時間における利用実態 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 32 巻, 509, (2009 年 3 月, 島根大学)
- [2] **Yosuke IZUMI and Kenji MIURA** (広島大) : Study on The Rationalization of Foundation Input Motion in Japan's Performance-Based Building Code: 14th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No.04-01-0038, 8 Pages,

Beijing, China, 2008.10

- [6] **泉 洋輔**:建物と地盤の相互作用効果の実務設計への組み込みについて:日本建築学会近畿支部基礎構造部会, 19pp., 2008.5
- [6] **泉 洋輔**, 貝谷淳一 (能勢建築構造研究所), 三浦賢治 (広島大):建物と地盤の動的相互作用を考慮した免震建物の上下動応答:日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, pp.33-34, 2008.9
- [6] **門前勝明**, 小早川誉博 (呉高専専攻科):自主防災組織の活性化対策について-避難勧告に対する住民の意識調査-:平成20年度 日本建築学会中国支部研究発表会, (平成21年3月, 島根大学)
- [3] **間瀬実郎** (分担執筆) 執筆者計117名:立体視テクノロジー 一次世代立体表示技術の最前線-:株式会社 エヌ・ティー・エス, 2008年
- [6] 富田雅俊 (呉高専), **間瀬実郎** (呉高専):手描き透視図の価値を考慮したCAD透視図との比較:日本建築学会中国支部研究報告集, 第32巻, CD-ROM, 2009年
- [6] 山崎豪志 (呉高専), **間瀬実郎** (呉高専):ベジェ曲面を使った建築CADモデリングに関する研究:日本建築学会中国支部研究報告集, 第32巻, CD-ROM, 2009年
- [1] **松野一成**, 角 徹三 (日本福祉大学):FRP連続繊維で補強されたRC部材の付着割裂強度:日本コンクリート工学年次論文集, 第30巻, 第3号, pp.1177-1182, 2008年
- [6] 惣郷怜子 (呉高専専攻科), **松野一成**, 角 徹三 (日本福祉大学):FRP連続繊維で補強されたRC部材の付着割裂強度増大効果 その1. 実験概要:日本建築学会大会学術講演梗概集C-2, 構造IV, pp.765-766, (2008年9月, 広島)
- [6] **松野一成**, 惣郷怜子 (呉高専専攻科), 角 徹三 (日本福祉大学):FRP連続繊維で補強されたRC部材の付着割裂強度増大効果 その2. 実験結果の考察:日本建築学会大会学術講演梗概集C-2, 構造IV, pp.767-768, (2008年9月, 広島)
- [6] 惣郷怜子 (呉高専専攻科), **松野一成**, 角 徹三 (日本福祉大学):連続繊維プレート補強されたRC部材の付着割裂性状:日本建築学会中国支部研究報告集第32号 (CD-ROM), (2009年3月, 松江)
- [1] 内山紀美子 (徳山高専専攻科), **佐々木伸子**:歩道におけるベンチ設置の現状と休憩空間整備の方向性-地方都市の特定旅客施設周辺状況からの考察:日本建築学会技術報告集, 第14巻第27号, pp281-286, (2008年)
- [2] M. Yamazaki (長岡高専), Rio. Haga (〃), N. Aoyagi (〃), H. Araki, Y. Tsutida (〃), K. Sato (〃) and **S. sasaki**: A preliminary trial of "Monozukuri" through training and studying at manufacturing facilities abroad to develop student's international awareness: 2nd International Symposium on Advances in Technology Education, CD-ROM, (2008年9月, Kumamoto)
- [6] **佐々木伸子**, 田鶴遼平 (京都府立大), 上野勝代 (神戸女子大):デンマークにおけるシニア向コ・ハウジングの経年変化-オーデンセ市の三事例について-:日本建築学会大会学術講演梗概集, F-2, pp.277-278, (2008年, 広島大学)
- [8] Organisers: Maren Godzik (ドイツ-日本研究所), **Shinko Sasaki**:ドイツ-日本研究所ワークショップ:Housing the Elderly in Japan-住み慣れた地域に住み続けるために-高齢者賃貸住宅の場合, (2008年10月, Tokyo)

- [1] Yoshihito Kurazumi (椋山女学園大), Tadahiro Tsuchikawa (兵庫県立大), Jin Ishii (岐阜大), Kenta Fukagawa (広島国際大), **Yoshiaki Yamato**, Naoki Matsubara (京都府立大) : Radiative and convective heat transfer coefficients of the human body in natural convection: *Building and Environment*, 43, 2142-2153, (2008)
- [6] 土川忠浩 (兵庫県立大), 坂本英彦 (〃), 藏澄美仁 (椋山女学園大), **大和義昭**, 松原斎樹 (京都府立大), 堀越哲美 (名古屋工業大) : 車いす乗車人体と環境との熱交換に関する研究 : その 6 脊髄損傷者の体温調節モデルの開発 : 日本建築学会近畿支部研究報告集. 環境系, 第 48 号, pp.337-340, (2008 年)
- [1] **Hideo Tomita** : Hannes Meyer's "Biological" Concept and its Loosening Influence on Form : *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 7 No. 2, pp.179-185, (Nov. 2008)
- [1] Hiroshi Sambuichi (Sambuichi Architects) + Kazuhide Doi (Kazuhide Doi Architects) + **Tomita Laboratory**, Kure National College of Technology : Farmer's House : *The Japan Architect*, volume 73, Shinken-chiku-Sha Co., Ltd., pp. 104-111, 123, (2009)
- [3] **富田英夫** (分担執筆) : 「1928 年 : デッサウ・バウハウスとハネネス・マイヤーの転換点」 : 『バウハウス・デッサウ展 BAUHAUS experience, Dessau』 (島津京, 細谷誠, 河野朋子, 遠藤加奈子編), 産経新聞社, pp. 668-671, (2008 年)
- [4] **富田英夫** : 「<シンポジウム>アートにおける「記録と記憶」—芸術が残すことと, 芸術を残すことをめぐって—」 : 『広島芸術学会会報』第 99 号, pp. 6-7, (2008 年 9 月)
- [4] 金行信輔 (千葉大), **富田英夫** : 建築歴史・意匠部門/研究協議会 : グローバルな視点からの 16~17 世紀日欧都市比較研究の可能性 : 『建築雑誌』Vol. 124, No. 1586, p. 80, (2009 年 2 月)
- [4] **富田英夫** : 谷口吉郎の人と建築—「萬來舎」の建築的読解 : 『萬來舎から学ぶ—広島の芸術と都市計画』報告書, 編集・発行「萬來舎から学ぶ—広島の芸術と都市計画」実行委員会, pp. 16-19, (2009 年 3 月)
- [6] **富田英夫** : 「谷口吉郎の人と建築」(研究発表) : シンポジウム『イサムノグチと谷口吉郎から学ぶ—広島の芸術と都市計画を考える』, (2008 年 12 月, 広島)
- [6] **富田英夫** : 「ヴァルター・グロピウスの機能主義とその特性」(研究発表, パネルディスカッション) : シンポジウム「近代建築史の最先端」第 5 回『近代(日本)×近代(西洋)—機能主義再読の可能性』日本建築学会建築歴史・意匠委員会近代建築史小委員会, pp. 1-6, (2009 年 3 月, 東京)
- [6] 廣川修司 (呉高専本科), **富田英夫** : ヴフテマス・ラドフスキー・スタジオの「湖上の崖に建つレストラン」案(1923)の形態構成手法 : 『日本建築学会中国支部研究報告集』32 巻, CD-ROM, 講演番号 912, (2009 年 3 月, 島根)
- [6] **富田英夫** : H. マイヤーの科学的世界把握と建築空間—O. ノイラートと R. カルナップとの比較 : 『日本建築学会中国支部研究報告集』32 巻, CD-ROM, 講演番号 913, (2009 年 3 月, 島根)
- [6] 小早川蒼博 (呉高専専攻科), **富田英夫** : バウハウス・ヒルベルザイマー・ゼミナールの住宅作品の特徴 : 『日本建築学会中国支部研究報告集』32 巻, CD-ROM, 講演番号 914, (2009 年 3 月, 島根)
- [8] **富田英夫**, 吉野仁美 (防衛省) 初代呉鎮守府庁舎(曾禰達蔵設計, 1889 年)CG 再表現 : 『海軍が来た—「呉浦」から呉鎮守府へ—』大和ミュージアム(呉市海事歴史科学館)第 9 回企画展, (2008 年 4 月 2 日-5 月 12 日, 広島)

- [8] **富田英夫**, 貞重亜沙美 (山根木材), 小坂 崇 (中国木材), 広島大学大学院建築意匠学研究室: CG アニメーション「Bauhaus Architecture 1919-1933」: バウハウス・ Dessau 展 BAUHAUS experience, Dessau: 東京藝術大学美術館 (2008年4月26日-7月21日, 東京), 浜松市美術館 (同年7月29日-9月7日, 静岡), 新津美術館 (同年9月13日-10月19日, 新潟), 宇都宮美術館 (2009年1月25日-3月29日, 栃木)
- [1] **仁保 裕**, **寺岡 勝**, 福原安洋 (呉高専名誉教授): 既存鋼構造物の不同沈下量測定および同構造物の耐震性能評価: 鋼構造年次論文報告集, 第16巻, 399-406, (2008年11月)
- [6] **仁保 裕**, **寺岡 勝**: 地盤沈下による鉄筋コンクリート構造物の損傷とそれが耐震性能に及ぼす影響 その3 杭の耐震性の検討: 日本建築学会中国支部研究報告集, 第32巻, CDROM, (2009年3月, 島根大学)
- [6] **仁保 裕**, 加藤史郎 (豊橋技科大): 偏載荷重を受ける円筒ラチスシェル屋根の部材断面算定: 日本建築学会2008年度大会学術講演梗概集 (中国), 861-862, (2008年8月広島大学)
- [6] **下倉玲子**, 宮本文人 (東工大): 小学校における全児童対策事業施設の活動と室構成, 日本建築学会大会術講演梗概集 E1, pp. 233-234, (2008年)
- [6] 世良明日香 (呉高専専攻科), **下倉玲子**: 保育園・幼稚園における管理空間のあり方に関する研究, 日本建築学会中国支部報告集, 506, (2009年)
- [6] **下倉玲子**, 堀本 恵 (呉高専本科), 坂田 彩 (〃): 小学校における快適なデン開発研究, オープンカレッジネットワーク 地域活性化研究, (2009年3月, 呉市つばき会館)
- [8] **下倉玲子**, 堀本 恵 (呉高専本科), 坂田 彩 (〃)・海岡良平 (〃)・亀本 明 (〃)・前 博之 (〃): 組み立て式デン制作及び設置, (2008年4月~2009年1月, 呉市立阿賀小学校)

編 集 委 員 会

黒 木 太 司 (委員長)

笠 井 聖 二

原 本 博 史

高 津 康 幸

野 村 博 昭

河 村 進 一

松 野 一 成

呉 工 業 高 等 専 門 学 校

研 究 報 告

第 71 号 (2009)

平成 21 年 8 月 印刷

平成 21 年 8 月 発行

編集者 呉 工 業 高 等 専 門 学 校
発行者

〒737-8506 呉市阿賀南2丁目2-11

電話 (0823) 73-8406

印刷所 青木印刷株式会社

〒737-2518 呉市安浦町内海北2丁目1番6号

電話 (0823) 84-2104

MEMOIRS OF KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

No.71

August, 21th Year of Heisei (2009)

CONTENTS

1. Development of Simple Motor Controller	Minoru NOHARA	1
2. Analytical Approach in Frequency Domain for NRD guide Gunn Oscillator at 60 GHz	Ko-ichi OHUE and Futoshi KUROKI	7
3. Representation of Inverter Parameter Network in Evanescently-coupled Transmission Lines with Arbitrary Input and Output Ports	Yu-suke OMOTE and Futoshi KUROKI	11
4. Measurement of Gas Temperature and Electron Density in an Atmospheric Glow Discharge in Helium and Hydrogen Mixture	Tsutomu YAMASAKI	15
5. Seismic Performance of an RC Structure with Low Strength Concrete Which Suffered Damages from Differential Settlement	Masaru TERAOKA and Yutaka NIHO	21
6. Investigation of Damage Conditions in Existing Steel Structures Due to Self-strain Stresses and Estimation of Influence of the Damage Conditions on Earthquake Resistant Performance of the Steel Structures	Masaru TERAOKA, Yutaka NIHO, Yasuhiro FUKUHARA and Kodai KAWATE	27
7. On The Incorporation of Soil-Structure Interaction Effects in Structural Design Practice	Yosuke IZUMI	41
8. Development of dialect database for medical scenes	Hiroyuki IWAKI	57
9. The Practice of Extensive Reading Classes: A Report on the First Two Years	Tomoko TAKEYAMA, Makoto EGUCHI, Takayuki NISHIHARA, Takeshi KURIHARA and Takenobu KAWAJIRI	67
Research Activities in 2008		77