

呉工業高等専門学校

研究報告

第75号

平成25年8月(2013)

目次

1. グローバル化時代における革新的なモノ造りを目指した、総合設計教育構想
..... 尾川 茂 1
2. (111)- HfO₂/Bi₂Se₃界面の電子状態
..... 植田 義文, サラリア モヘット 7
3. 緩速ろ過池に生息する微小動物の腸内細菌フローラの系統解析
..... 竹内 準一, 黒杭 祐太, 田中 陵暉 13
4. 国際競争力を育む教育方策への展望
..... 竹内 準一 19
5. 建物と地盤の動的相互作用解析におけるスウェイ・ロッキングモデルに関する考察
..... 泉 洋輔 27
6. 呉工業高等専門学校敷地内にある建築物の床面傾き計測
..... 仁保 裕 平田 悠孝 寺岡 勝 57
7. シルヴィア・プラスとテッド・ヒューズ
—「ウサギ捕り」(“The Rabbit Catcher”)についての比較文化的考察—
..... 上杉 裕子 63
8. 室生犀星「あにいもうと」「舌を噛み切った女」の女性形象
..... 外村 彰 73 (15)
9. 資料紹介——左近司の未発表詩篇ほか
..... 外村 彰 86 (1)

MEMOIRS OF KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

No.75

August, 25th Year of Heisei (2013)

CONTENTS

1. Proposal of General Design Education Aiming at Innovative *Monozukuri* in the Globalization
..... Shigeru OGAWA 1
2. Electronic State of (111) - HfO₂/Bi₂Se₃ interface
..... Yoshifumi UEDA, Mohit Salaria 7
3. Molecular Analysis on Gut Flora of Aquatic Invertebrates Inhabiting Slow Sand Filter Beds
..... Juni TAKEUCHI, Yuta KUROKUI, Ryoki TANAKA 13
4. Perspectives towards Internationally-Competitive Competences in Modern-Day Educational
Context
..... Juni TAKEUCHI 19
5. Study on The Sway-Rocking Model for Soil-Structure Interaction Analysis
..... Yosuke IZUMI 27
6. Measurement for Inclination of Floor slabs of Buildings of Kure National College of Technology
..... Yutaka NIHO, Yutaka HIRATA, Masaru TERAOKA 57
7. Sylvia Plath and Ted Hughes
—A Consideration on “The Rabbit Catcher”:From a Perspective of the Comparative Cultures—
..... Yuko UESUGI 63
8. Images of the Feminine in Murō Saisei’s *Ani imōto* and *Shita o kamikitta onna*
..... Akira TONOMURA 73 (15)
9. Introducing Materials: Unpublished Book of Poems and Others by Sakon Tsukasa
..... Akira TONOMURA 86 (1)

グローバル化時代における革新的なモノ造りを目指した、 総合設計教育構想

(機械工学分野) 尾川 茂

Proposal of General Design Education Aiming at Innovative *Monozukuri* in the Globalization

(Faculty of Mechanical Engineering) Shigeru OGAWA

Abstract

This paper proposes how the general design education for college of technology as well as university should be adopted from the standpoints of “*Monozukuri*”. Generally speaking, the development process consists of four stages, namely, target setting, scenario establishment, structuring, and validation. In order to meet the several targets such as cost, weight, and performance at high level, “*Monozukuri*” process is divided largely into two phases. The former half of the process, target setting and scenario, is the phase to *Think*. The latter half of the process, structuring and validation, is to *Act*. “*Think phase*” is to allocate the functions to parts of the vehicle to meet the several targets. “*Act phase*” is to determine the structure of the vehicle framework. The key to the innovation of “*Monozukuri*” in the globalization lies in “*Think phase*”.

The paper overviews two phases and describes how the general design education should be conducted. The general design education proposed here is expected to realize design innovation and more innovative products as well as students’ dreams as core engineers for “*Monozukuri*” in the globalization.

Key Words: General Design Education, Development Process, Target Setting, Scenario Establishment
総合設計教育、開発プロセス、目標設定、シナリオ構築

§1 はじめに

これまで、長年自動車会社で開発に携わってきた一人の技術者として、今後の高専教育及び大学教育において、モノ造りの観点から学生が卒業までに修得すべき考え方や、これからのモノ造りの中核となる開発プロセスの全体像を述べ、それを推進するうえで役立つ総合設計教育を提案する。企業における研究開発の中で、自動車の衝突安全性能開発に従事してきた関係で、衝突開発を事例にして今後のモノ造りの目指す方向について提言する。

自動車の衝突性能開発を取り巻く環境は、年々厳しくなっている。N C A P (New Car Assessment Program) に代表される新車市場評価では、リアルワールドの市場事故数や死傷者の低減に向け、乗員保護や歩行者保護などに関する安全性能向上が求められている。

今後の変化の動向として、乗員・衝突形態・衝突速度の3つの多様化が進むと考えられる。具体的には子供から高齢者までの幅広い年齢層を対象とした乗員の多様化、また米国で始まったスモールオーバーラップなど車と車の前面衝突事故での車同士のラップ量の変化を伴う衝突形態の多様化、また衝突速度も事故の多くは30～40 km/hで起きている実態を踏まえ、中低速の安全性能も考慮すべき重

要な対象速度になっており、衝突速度の多様化が進むものと予測される。

このように多様な市場事故実態を反映し、法規や新車の市場評価における衝突評価モードも増加の一途を辿っている。また、乗員を模擬した評価ダミーも人体忠実度が高くなり傷害値も高い予測精度が要求されるようになってきた。

以上述べたように安全を取り巻く環境は厳しさを増す方向に変化しており、多様化とそれに伴う評価モードの増加で、これまで以上に幅広い領域で高い衝突安全性能が要求される状況である。こうした激変する外部環境に打ち勝つためには、環境変化に柔軟かつ迅速に対応できる開発体制にシフトすることが求められており、その中で開発力に直結する開発プロセスの果たす役割は大きい。

§2 自動車の研究開発の現状と課題

2-1. 開発プロセス

開発基本プロセスは、図1に示すように目標設定・シナリオ構築・構造化・検証の4つのプロセスから成り立つ。今後のモノ造りにおいて、従来から大きく飛躍するためには、前半の2つのプロセス、すなわち、目標設定・シナリオ構築が極めて重要で

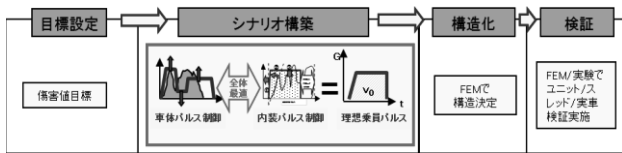


図 1. 開発の基本プロセス

ある。とりわけこの2つのプロセスは開発の心臓部であり、開発革新の鍵を握る重要なプロセスである。従来の衝突開発では旧モデルをベースに開発するため、構造改善に留まり大きな改善のサイクルが回っていないかった。本提案では、従来の構造化・検証型の開発プロセスから、目標設定・シナリオ構築の、いわゆる開発の意思の領域に新発想を入れてモノ造り革新につなげていこうとするものである。

今後の高専・大学教育においてこの開発のプロセスを担う若手エンジニアの育成が急務であると同時に、これまでの教育内容についても変革が求められる領域でもある。

以下に、この2つのプロセスである目標設定・シナリオ構築の変革について述べる。

2-2. 目標設定

先ず、目標設定である。従来の開発においては、競合他車を調査する、いわゆるベンチマークを行い、目標としてそれを凌駕する性能目標を設定してきた。しかしながら、国際競争が激化する中では、こうした他社追従型の目標設定方法では商品価値の優位性を確保することは極めて難しい。そこで、これまでのBIC (Best In Class) の目標設定から脱却して、性能の理論限界を目標とするやり方にシフトすべきであると考え。これは、現象の本質をモデル化して理論的な限界を明らかにして、その限界を目標にして取り組む考え方である。性能の理論限界にどこまで近づくかのマイルストーンを計画に織り込んで、目標達成に挑戦するやり方である。

図2に衝突性能開発における理論限界の事例を示す。衝突の際につぶれ量のストローク量について、その理論限界を明らかにするやり方を示している。小さい車でも安全な車、衝突時における最小の潰れストロークで効率的に衝突エネルギーを吸収することができれば、車体のサイズもコンパクトにできデザイン自由度も大幅に広がる。また、コンパクト化は燃費改善の観点からも軽量化につながるものであり有益である。性能・コスト・重量・デザインの4つの商品力を示すアイテムを同時に満足させるための「扇の要」に潰れストロークを位置付け、この物理量の理論限界を求め、その達成に挑戦することは創造的な開発につながりエンジニア魂に火をつけエンジニア冥利につきる。ストロークの最小化の限界をはっきりさせるためには、現象の本質を

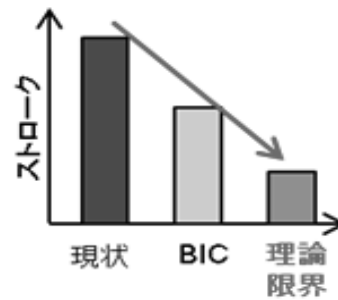


図 2. 目標設定

モデル化することが重要である。

この領域は、高専・大学教育でもコアとなる領域であり、学生達が現象の本質を解き明かすことに興味を示し、本質をモデル化し微分方程式を立てて解くことができれば、これまで学習してきた数学や専門科目を総動員して解くことになり、座学が実践とつながり面白い。難度は高いが、現象の本質を解き明かすには、計測技術・機械力学・材料力学などを活用しなければならず、学部生の卒業研究テーマやさらには修士・博士論文のテーマとしても有望であり、総合設計教育の核になりうる。

前面衝突・側面衝突、歩行者保護などなど、それぞれの衝突形態において現象の本質の見える化とそのモデル化で、最小ストロークの理論上の限界を明らかにして、それを目標に設定すること、これが今後の開発の初期に行うことになる。

2-3. シナリオ構築

次にシナリオ構築である。衝突性能開発は衝突時に乗員を保護するための車体の基本骨格を決めるが、軽量化・デザイン自由度・他性能などの制約の中で衝突安全性能の目標を達成するシナリオ構築が重要な役割を果たすことになり、これが第2のプロセスとなる。シナリオ構築段階では、いきなり詳細CAEを用いた数値解析を実施するのではなく、車体や内装を構成する部品の機能に着目したレイアウトを中心にした車体の基本骨格を決めることが肝要である。すなわち、車体と内装の2つの領域でどのように衝突エネルギーを配分するかの全体最適のシナリオを構築する訳である。乗員への入力を極力抑え傷害値を低減することを目標に、車体と内装に関連する部品のレイアウト・機能を最適化することが要求される。従来の開発では車体の試作車を造り、その車体試作車でOKを確認したあと、内装設計を行いエアバッグ・ベルトなどの内装部品を決定する順番で開発を進めてきた。しかし、こうした開発では、構造が決まってからの手直しとなり、不具合があった場合の手直しの自由度が低く大きな見直しはできない。したがって、これからの開発では、車体骨格、部品の具体的な形状が決まっていな

い、このシナリオ段階で性能・重量・コスト・デザインの4項目の成立性を見切ることが必要である。この目標達成の見通しを持つことが、すなわちシナリオ構築である。車体・内装・乗員の流れの中で骨格部品の仕様を決める従来型の開発からの脱却である。つまり、シナリオ構築とは、先ほどの目標設定で掲げた車体の最小ストローク、これを満足するように衝突エネルギーを車体と内装の理想のエネルギー吸収パルスを決めることになる。そして性能と重量などの関係をこの段階で成立させるわけである。シナリオ構築段階では部品の機能の見える化を行い、車両全体で最適にした部品の目標特性をアウトプットする訳である。

2-4. バネマスモデル

FEMを中心としたCAE解析は構造化には適しているが、車体の基本骨格を決たり、部品の機能配分を行うにはまだ十分とは言えない。そこで、衝突現象の本質を解明し、衝突のエネルギーを見える化することを考える。具体的には、図3に示すように、Inputとして衝突速度・衝突形態などの評価モードが与えられる。そして、その衝突エネルギーが車体と内装の部品を介して乗員に作用する。衝突現象は複雑であるが、まずはその現象を解明し、その本質をバネとマスの力学モデルで表現する。

現象の理解のためには、徹底した可視化技術によって車体と内装部品の挙動を把握することがポイントになる。その挙動を理解したうえで、バネマスモデルで置き換えて、各部品の特性を乗員の傷害値目標を達成するように、荷重と変位量の目標特性を決める。このバネマスモデルを開発に適用して、相反する2つの衝突性能間の整合取り、および軽量化と両立させた事例について説明する。

図4に前面衝突におけるフルラップとオフセットの衝突モードを示す。それぞれ、56 km/hで剛体バリヤ、64 km/hでハニカムバリヤに衝突する試験である。

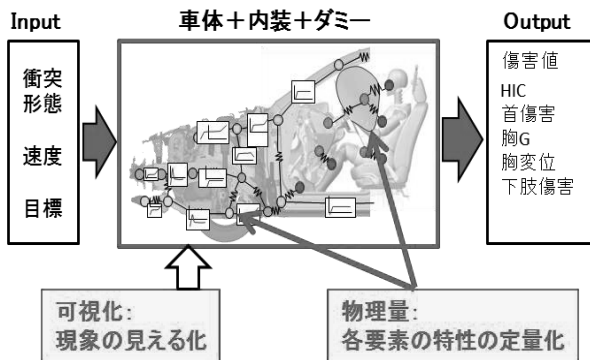


図3. 衝突現象全体のモデル化

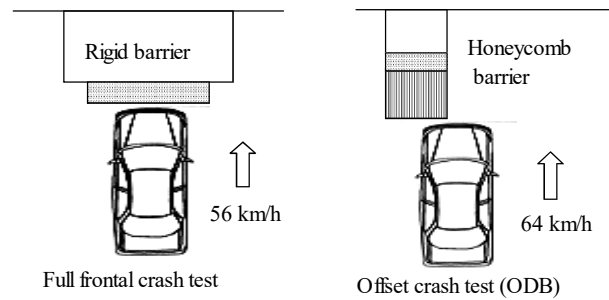


図4. フルラップとオフセット衝突モード

主要な骨格をばね要素と質点でモデル化したものを図5に示す。

図4の2つの衝突モードをバネマスモデルで表現したのが図6と図7である。70本のバネと60点の質点からなる。これらは、実車のテストと比較して、精度5%の範囲内で衝突のイベントが説明できることが検証できている [1, 2]。

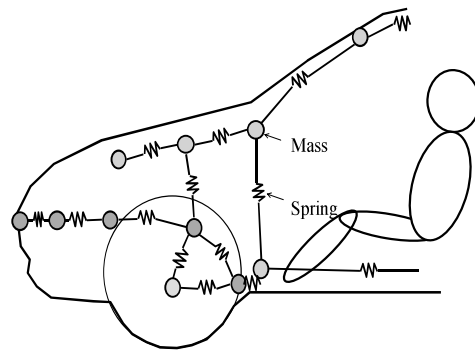


図5. 車体とダミーのバネマスモデル

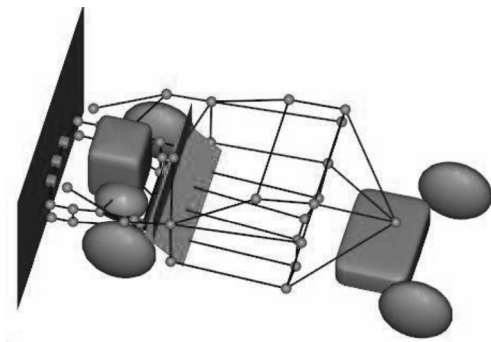


図6. フルラップモデル[1, 2]

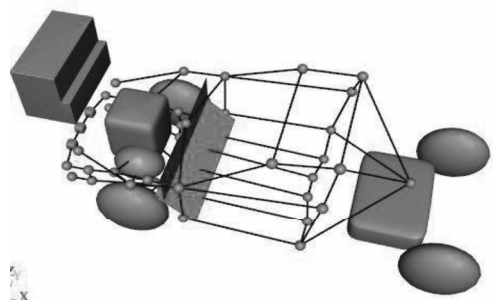


図7. オフセットモデル[1, 2]

2-5. 性能限界線図による目標性能の見極め

この2つの衝突モードで、剛体壁にぶつかるフルラップモードとハニカムバリヤに衝突するオフセットモードの両者を満足するマップを図8に示す。横軸はフルラップ時のダッシュ後退量、縦軸は乗員の胸に作用する加速度である。両者とも小さい方が性能は良く、図の左下に行く方が性能的に優れている。また図中の円はオフセット衝突時のダッシュ後退量を示す。小さい円ほどダッシュ後退量が少なく性能が良いことを示している。赤い色はキャビン強度が高いことを示している。オフセット性能を満足した赤くて小さい円の数は少ない。

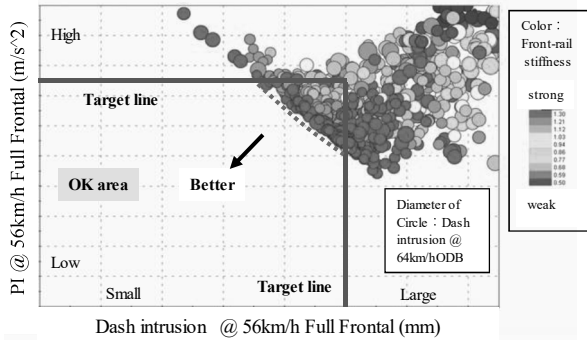


図 8. 改善前骨格の性能限界[1, 2]

この時の構造は図9の(a)である。フロントレールのみで前面衝突時の荷重を受けるため、フルラップとオフセットの2つの衝突モードを満足する仕様は少ないことがわかる。こうした従来型のアンダーロードパス構造では、ロバストな解が少ないことが分かった。つまり性能限界線図で示される目標ラインの崖までの距離が近く、性能保証の観点から不安定である。

そこで、図9の(b)に示すような新骨格構造のレイアウトを考えた。従来のフロントレールの上下に骨格を追加して、前面からの入力荷重を上中下の三方向に分散させた、マルチロードパス構造である。図10にその性能限界線図を示す。図8と比較してOK領域の円の数が増え、フルラップでのダッシュ後退量が少なく、かつ胸入力加速度少ない条件を満足する仕様が増えていることがわかる。

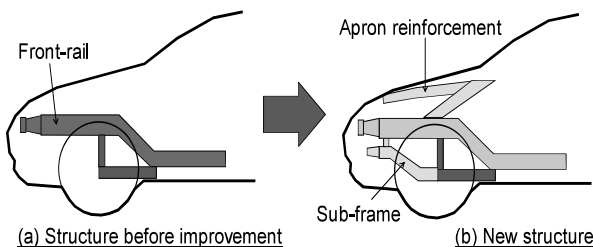


図 9. 改善前骨格(a)と新骨格(b)[1, 2]

これは、フルラップモードは剛体壁にぶつかるため、車体を柔らかくする必要のあるのに対して、オフセット衝突モードでは片側からのみ入力を受けるため、ダッシュの後退量を抑制するには車体を硬くする必要があることを示している。即ち、フルラップでは車体を柔らかく、オフセット衝突では車体を硬くする必要があり、両者は車体の強度面から相反する性能になっていることが判る。このように、バネマスモデルの活用は、一回の計算が数分で実行できるため、数千のパラメータスタディが1日で可能であり、最適な仕様の決定に有効である。

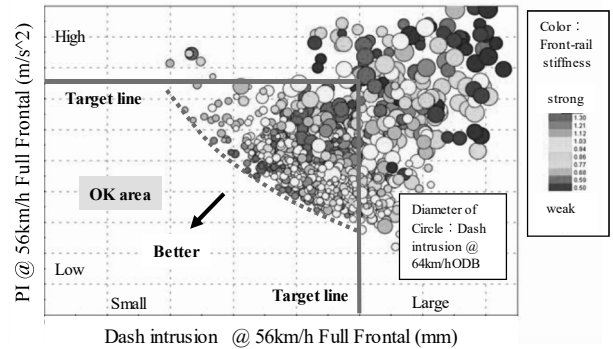


図 10. 新骨格の性能限界[1, 2]

新型のマルチロードパス構造では、エプロンレインやサブフレームなどの部品が増えるため、一見部品点数増加による重量アップが懸念されるが、衝突エネルギーを分散させることによって、従来のシングルロードパスで無理な負荷荷重がかかっていた部品群の軽量化につなげることができると、トータルで軽量化を可能にした。このようにして決定した各部品の目標特性を図11に示す。以上のやり方で、部品の機能配分を決定することが可能である。シナリオ構築段階の大きな役割は、部品の荷重Fと変位量Sで示されるF-S線図の目標特性を決めることである。

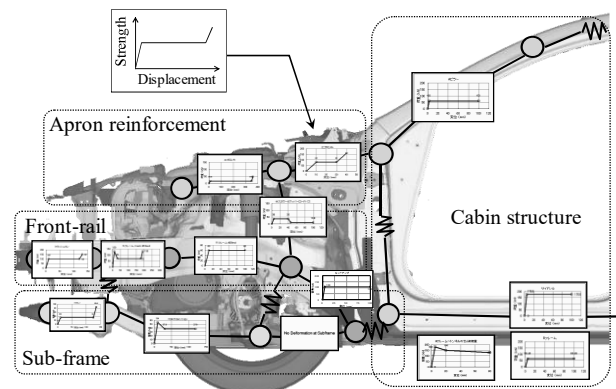


図 11. 車体の部品の目標特性[1, 2]

そしてシナリオ構築段階で、上記のような最適手法を用いて部品の機能配分の最適化を行う。そうすることで、部品に形状を与える前に、部品間の機能配分がベストであることを見通すことが肝要である。従来の開発では、構造を最適にしてもベストにはならない。部品の目標特性を最適化し、その目標特性を満足させる構造を織り込んで初めてベストな商品が完成する。

第3のプロセスである構造化段階ではその目標特性を満足させる構造を材質・板厚・断面・接合方法の視点で形にしていく。目標特性が明確であれば、荷重 F と変形 S からなる F - S 線図を満足させる構造スペックは無数にあり、進化する樹脂部材など軽量化を考えるうえでの自由度が大幅に拡大する。

最後の検証プロセスでは、ユニットテスト・台上試験・実車テストで検証を実施していく。すなわち、ユニット、内装品、そして実車の各レベルで検証して、評価するわけである。しかしながら、この検証段階では、シナリオ構築で明示された部品の目標特性の確認が鍵を握る。この目標特性が明確でない従来型の開発では、本当の意味での検証ができていないことになる。従来型開発のように構造の手直しで終わるのではなく、シナリオ段階までフィードバックをかけ、開発思想の妥当性を振り返ることで、次期新開発モデルの革新的進化につなげることができる。この点においてもシナリオ段階への振り返りが大切である。

創造的なモノ造りではシナリオ構築段階で目標特性の最適化が肝心であり、そのためにはバネマスモデルなどで現象の本質をモデル化して物理的・力学的な視点で現象を再現して、簡易計算で多数のパラメータスタディを行うことで最適な解を見出すことが有力な手法の一つになると考えられる。

§ 3 グローバル化時代の革新と中核エンジニア

3-1. モノ造りの革新

以上のように、国際競争が激化する中で日本のモノ造りが生き残るためには、前述の開発プロセスにおける、目標設定・シナリオ構築の各段階のブレークスルーが必須である。産学の連携によって、この開発の意思に相当する領域にモノ造りの思いを入れて、行動としての構造化・検証の領域と一体となったとき、「思いあつての行動」の開発の革新サイクルがぐるりと回るものと確信している。開発の意思に相当する領域の革新こそが、モノ造りの真の革新につながる。理論限界の追究、それは現象の本質の解明があつて、初めてできることである。物理現象の本質をモデル化して、部品間の関連を数学的に関数形式で表示したり、あるいはまだ未解明なところは実験式で置き換えて、制御系で使われるようになってきたモデルベース開発の考え方・手法などを取り入れて部品の機能の最大化を図り、部品の目

標特性の形に落とし込むことが、思いの最終ゴールである。すなわち、理論限界の追究、そしてそれを達成するためのシナリオとして機能配分の最適化を、形ができる前にベストにしておくことが、思いあつての開発の核心である。上述のようにモノ造りの革新は目標設定とシナリオ構築の進化にある。形は模倣できてもその心までは模倣できない。開発の魂に相当するこの2つの段階に開発力を集中させることが、大きな革新をもたらすものと考えている。環境・安全など社会的要請の高い領域について、現象の本質解明を産学連携の枠組みの中で考え、企業のニーズにマッチさせて 大学・高専での研究テーマを選定するといった一貫性を持たせることで、グローバル化時代におけるモノ造りの革新を図ってはどうか。

3-2. 目指す中核エンジニア像

一方、この革新を実現させるには、やはり人が要である。この思いの領域に挑戦する若手エンジニア・中核エンジニアを輩出することが、明日の日本のモノ造りを革新していくと考える。現象の本質を理解し、そこから創造的なモノ造りに携わる中核エンジニアの育成が急務である。しかしながら、人間力が同時に問われている。コンピュータの高度化によって、人間力の低下が懸念されている。道具を使うエンジニアであるためには、道具よりも人間力が上位にいる必要がある。この上下関係が逆転すると、道具に使われる状態に陥ってしまい、エンジニアが本来持っている創造力を引き出すことができない。つまり、人間がコンピュータよりも上にある状態とは、「大局的にこういう現象だからこんな結果にならないとおかしい」といったように直観的に予測ができることである。詳細な計算は抜きにして、現象の大局的把握とそれに基づいた概数的な計算力を持つことが肝要である。コンピュータから出た計算結果を鵜呑みにするのではなく、その結果に正しい判断を下すことが必要である。

今後の商品開発では、自分で未知の領域に挑戦し、現象の本質を解明して商品に繋げる中核エンジニアが求められている。これまでの教え込む教育から、未知の現象を解き明かすための考える力を身に着ける教育に、軸足をシフトすることが求められている。

3-3. モノ造りと総合設計教育

総合設計教育では、機械工学の講義で学習してきた機械力学・流体力学・材料力学・熱力学など主要な専門科目と数学・物理といった基礎科目を総合的に使い、与えられたテーマを設計する中でどう使えば良いのか、教科書で学習したことをモノ造りの中で実践して、その式が持つ物理的な意味を、モノを前にして深く考える。

具体的にはモノ造りの4つのプロセスである目標設定・シナリオ構築・構造化・検証を総合設計教育の中に取り入れることを提案したい。これまで座

学で学んだこと、作業実習で学習したことを総動員して考え、モノを作っていく。目標設定段階では性能や重量の目標を設定し、シナリオ構築段階では、現象の本質をモデル化して機能配分の考え方を身に付ける。構造化ではC A Eを活用しての仕様の決定、そして仕様書に基づいて試作して目標性能の達成を確認する。

この4つのプロセスの中で、創造的な中核エンジニアを養成するには、特に2つのプロセスが重要である。

一つはシナリオ構築のプロセスである。このプロセスは創造力を培ううえでなくてはならない領域である。つまり、現象の本質の理解と、本質のモデル化である。現象の本質のモデル化は現象をどのような力学モデルに置換するか、現象の理解と相まってモデルの良否が決まってくる。深く現象を理解する行為とそれをどのようにモデル化すべきかの苦闘は、すなわち未知への挑戦であると同時に創造力の鍛錬には不可欠な教材となるであろう。まだこの領域は確立していないので、カリキュラム的には高難度であるが、必須の領域である。

もう一つは検証プロセスである。特に、目標未達の場合には、機能配分・構造化のどこに間違いがあって未達になったかを検証することが、学生が賢くなるうえで重要である。すなわち、思いの領域の機能配分にエラーがあったのか、あるいは行動の領域の形に問題があったかをしっかりと振り返り、なぜそのエラーになったかの真因を把握する習慣を体得することは、今後、学生自身が社会に出てモノ造りに携わり、中核エンジニアとして活躍するためには、必須の学習事項であると考えられる。進化は反省の上になり立つ。

このように目標設定・シナリオ構築・構造化・検証の一連の中で、専門科目・一般科目を駆使して活用してみる。課題としてのテーマを何にするかが難しい点であるが、このあたりの道筋をしっかりとつけることが、総合設計教育の導入にあたっての課題である。

§ 4 おわりに

今年3月まで自動車会社でモノ造りの開発領域を担当してきた。その中でグローバル化の大きなうねりと進化するC A E解析を中心とする解析ツールを目のあたりにし、日本のモノ造りの将来像に思いをはせてきた。新興国の追い上げと日本国内の空洞化など、迫りくる日本のモノ造りの危機の中で、どう生き残るかを考える機会でもあった。それは同時に、開発という商品の中心的な役割を担う部門で働くエンジニアの戦いでもあると感じている。前述の開発プロセスの中でも、目標設定・シナリオの2つの段階の革新が鍵を握っている。モノを形にする構造化領域はスーパーコンピュータなどの進化が今後も急速に進展していくであろう。その中で上述の開発プロセスの革新と中核エンジニアの輩出が独自技術に発展進化につながるものと確信してい

る。総合教育の全体の枠組み、実現構想計画など課題は多いが、教育内容をしっかりと練り上げて、高専の学習カリキュラムの中核として定着できるよう尽力していきたい。

参考文献

- [1] 竹下弘明, 久保一夫, 尾川茂, 神本一郎: 衝突性能開発におけるバネマスモデルを用いた車体基本骨格の決定方法, 日本設計工学会中国支部講演会論文集, No.27, p55-58, 2010.
- [2] Ogawa S., Takeshita H., and Kamimoto I.: The Method of Determining the Vehicle Framework in Safety Development Using a Spring-Mass Model. The 2nd International Conference on Design Engineering and Science, 2010.

(111)- HfO₂/Bi₂Se₃ 界面の電子状態

(電気情報工学科) 植田義文

(電気情報工学科) サラリア モヘット

Electronic State of (111) - HfO₂/Bi₂Se₃ interface

(Department of Electric Engineering and Information Science) Yoshifumi Ueda

(Department of Electric Engineering and Information Science) Mohit Salaria

Abstract

In the last four decades, the semiconductor industry has seen the success of continuous performance improvement of integrated circuits. Behind this success is the miniaturization of the Si-based transistors through down scaling the thickness of the SiO₂ gate dielectric layer. As the SiO₂ layer is approaching the atomic scale limit, it needs to be replaced by some higher dielectric constant material, such as HfO₂, to keep the miniaturization continuing.

Keywords: Hafnium Dioxide, Bismuth Selenide, Electronic Structure, DV-X α method, density of states (DOS), ハフニウム酸化物, ビスマスセレンド, 電子状態, DV-X α 法, 状態密度

1. Introduction

Hafnium oxide (HfO₂) has been extensively studied during the last few years due to its relatively high values of the refractive index, bulk modulus, melting point and chemical stability. In particular, it is being considered as a suitable high- k material candidate for replacing the gate dielectrics in field effect transistors and dynamic random access memories^[1]. HfO₂ is well known as one of the most important oxide thin film materials for interference multilayer coatings down to 250 nm^{[2][3]}.

Topological insulator materials, on the other hand, have recently attracted much attention due to their unique physical properties. In the bulk of a non-interacting topological insulator, the electronic band structure resembles an ordinary band insulator, with the Fermi level falling between the conduction and valence bands. On the surface of a topological insulator there are special states that fall within the bulk energy gap and allow surface metallic conduction.

In this research, the idea of using a material with high dielectric constant (HfO₂) between one of the layers of a topological insulator (Bi₂Se₃) as another replacement candidate for a gate oxide has been introduced.

2. DV-X α Molecular Orbital method

The molecular orbital function can be obtained by solving Schrödinger's equation given by:

$$h(\mathbf{r}_1)\phi_k(\mathbf{r}_1) = \varepsilon_k\phi_k(\mathbf{r}_1) \quad (1)$$

In molecular orbital method, the function ϕ_k is expressed by a linear combination of atomic orbitals (LCAO) written as:

$$\phi_k(\mathbf{r}_1) = \sum_i C_{ik}\chi_i(\mathbf{r}_1) \quad (2)$$

Substituting eq. 2 in eq.1, we get

$$h(\mathbf{r}_1)\sum_i C_{ik}\chi_i(\mathbf{r}_1) = \varepsilon_k\sum_i C_{ik}\chi_i(\mathbf{r}_1) \quad (3)$$

Multiplying both sides by $\chi_j^*(\mathbf{r}_1)$ and integrating:

$$\sum_i C_{ik} \int \chi_j^*(\mathbf{r}_1)h(\mathbf{r}_1)\chi_i(\mathbf{r}_1)d\mathbf{r}_1 = \varepsilon_k \sum_i C_{ik} \int \chi_j^*(\mathbf{r}_1)\chi_i(\mathbf{r}_1)d\mathbf{r}_1 \quad (4)$$

The resonance integral H_{ij} and the overlap integral S_{ij} are given as:

$$H_{ij} = \int \chi_j^*(\mathbf{r}_1)h(\mathbf{r}_1)\chi_i(\mathbf{r}_1)d\mathbf{r}_1 \quad (5)$$

$$S_{ij} = \int \chi_j^*(\mathbf{r}_1)\chi_i(\mathbf{r}_1)d\mathbf{r}_1 \quad (6)$$

Rewriting eq. 4 in the matrix form, we get

$$(H - \varepsilon S)C = 0 \quad (7)$$

On calculating H and S, the eigenvalue ε and

eigenvector C can be obtained. But in the DV-X α M.O. method, analytical integrations for H and S are difficult to carry out. Therefore, a total of N sampling points in three-dimensional real space are taken to calculate the integrand values at each sampling point, and then sum up the values multiplied by the weight of the point over all sampling points. Thus, H and S can be obtained numerically^{[4][5]}.

3. Results and Discussion

3.1 HfO₂

3.1.1 Crystal structures

Figure 1 shows the crystal structures of two HfO₂ polymorphs. The lattice constant(s) for the cubic phase is $a=5.08 \text{ \AA}$ and for the tetragonal phase are $a=5.03 \text{ \AA}$, $c=5.11 \text{ \AA}$ ^[6]. The coordinates of respective atoms are chosen on the basis of these parameters.

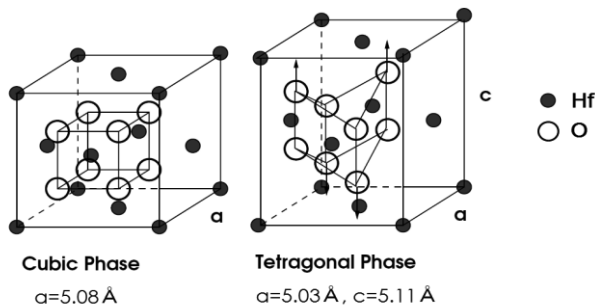


Fig. 1 Crystal structures of HfO₂

3.1.2 Energy level structures

Energy level structures of *c*-HfO₂ and *t*-HfO₂ are shown in Fig. 2(a) and 2(b) respectively. The dashed lines represent unoccupied electronic

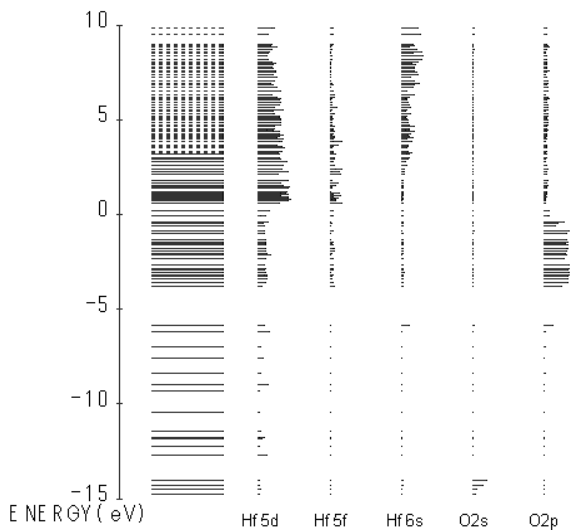


Fig. 2(a) Energy level structure of HfO₂ (cubic)

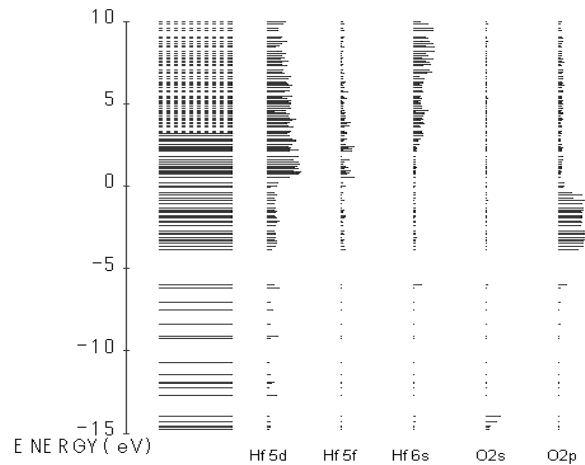


Fig. 2(b) Energy level structures of HfO₂ (tetragonal)

orbitals, whereas the length of a line represents the magnitude of its molecular orbital component. In the occupied states around 0eV, electron density is comparatively high and the contribution to molecular orbitals formation is mostly by Hf5d and O2p components. In valence band, changes of O2s, both *c*-HfO₂ and *t*-HfO₂ are almost negligible. The conduction band is mainly formed by Hf5d, Hf5f and Hf6s states. The calculated effective charge for *c*-HfO₂: Hf=0.171, O=-0.301; for *t*-HfO₂: Hf=0.168, O=-0.295, respectively.

3.2 HfO₂/Bi₂Se₃

3.2.1 Crystal structure

Figure 3 shows the crystal structure of HfO₂/Bi₂Se₃ with lattice constants $a=4.13 \text{ \AA}$, $c=43.88 \text{ \AA}$ ^[7]. In this structure, HfO₂ atomic plane represents the (111) - plane of *c*-HfO₂ from Fig. 1. Bi₂Se₃ consists of five atomic layers arranged along the *c*-direction, known as quintuple layers.

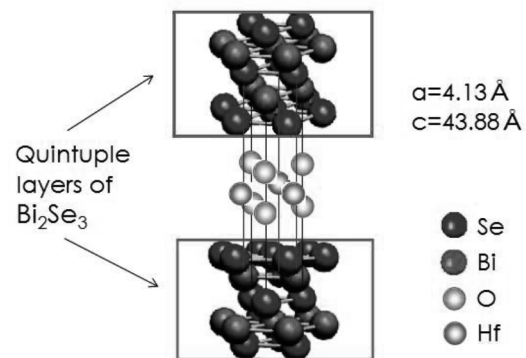


Fig. 3 Crystal structure of HfO₂/Bi₂Se₃

3.2.2 Energy level structures

Energy level structures of HfO₂/Bi₂Se₃ and (HfO₂)₅/Bi₂Se₃ are shown in Fig. 4. Overall energy density of the structure having five HfO₂ layers inserted between quintuple layers of Bi₂Se₃ is distinctly higher than the former. The Se4p components are concentrated near 0eV in figure on the left, while these get restricted to 2.5eV on the right. The Bi5d components are spread discretely over -15eV to -25eV region. -10eV to -15eV region comprises mainly of Se4s and Hf4p wave functions in HfO₂/Bi₂Se₃ structure. Whereas in (HfO₂)₅/Bi₂Se₃ structures the participation of Se5s orbitals with the Hf ones increases with the increase in HfO₂ atoms, forcing Se4s states to move upward in 0eV to -10eV region.

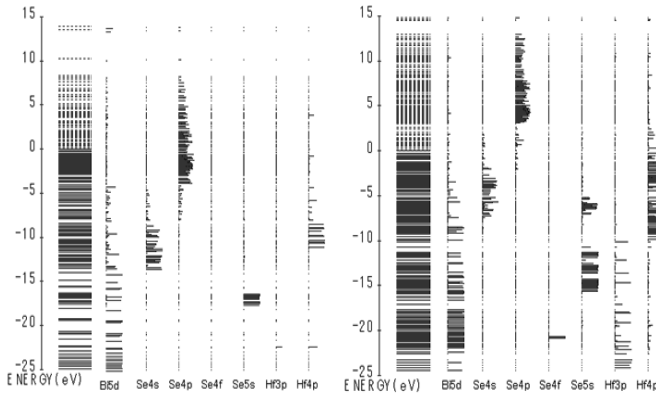


Fig. 4 Energy level structure of HfO₂/Bi₂Se₃ (left) and (HfO₂)₅/Bi₂Se₃ (right)

3.2.3 Density of States

Figure 5(a) and 5(b) show partial density of states of respective orbitals, while Fig. 5(c) and 5(d) show total density of states of HfO₂/Bi₂Se₃ and (HfO₂)₅/Bi₂Se₃,

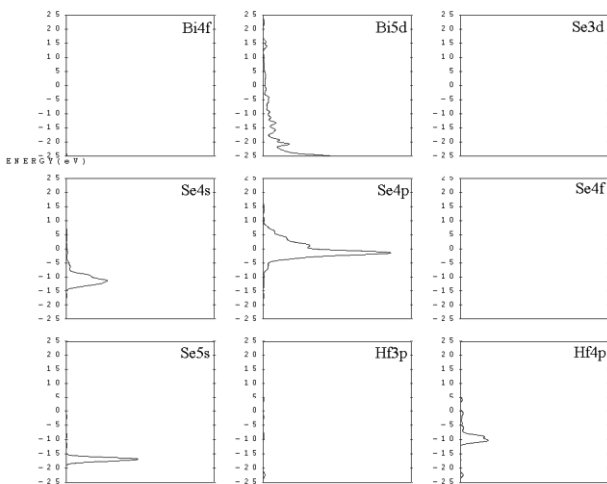


Fig. 5(a) p-DOS of HfO₂/Bi₂Se₃

respectively. On increasing the number of layers of HfO₂ in HfO₂/Bi₂Se₃ to 5 as in (HfO₂)₅/Bi₂Se₃, the DOS of negative energy side shows great increase.

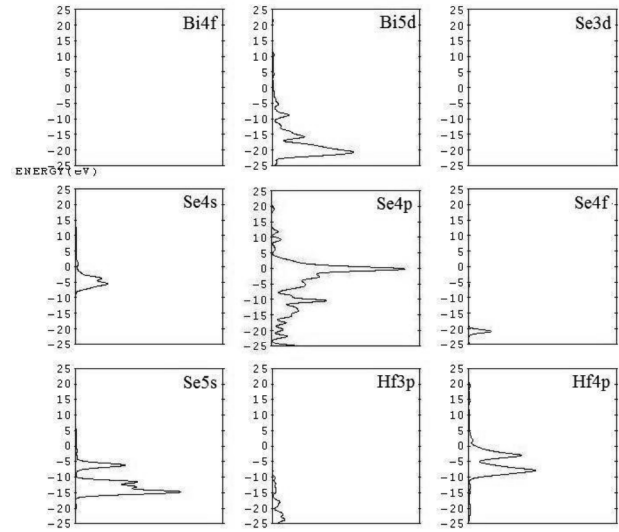


Fig. 5(b) p-DOS of (HfO₂)₅/Bi₂Se₃

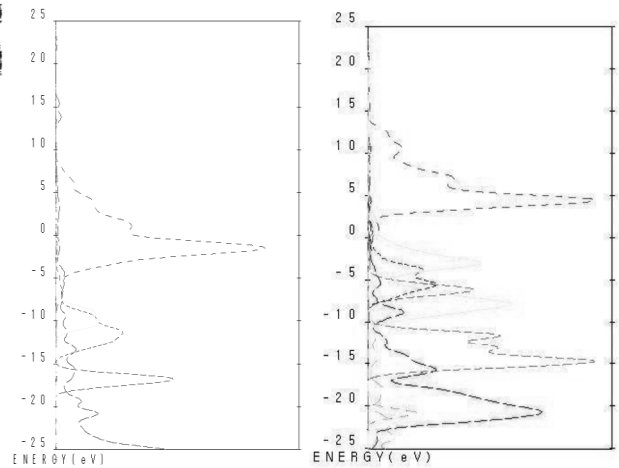


Fig. 5(c) DOS of HfO₂/Bi₂Se₃

Fig. 5(d) DOS of (HfO₂)₅/Bi₂Se₃

The main contribution to this increase is by Bi5d, Se4p and Se5s wave functions. As a result, (HfO₂)₅/Bi₂Se₃ structure has better stability than that of HfO₂/Bi₂Se₃.

3.2.3 Contour line map

Electron contours of HfO₂/Bi₂Se₃ are shown in fig. 6. In this type of crystal structure, atomic types have been determined for each layer. To find the electron distribution of each atom, the contour line map is taken along cross sections of +z axis. The two quintuple layers of Bi₂Se₃ are taken in ascending order of Se, Bi, Se, Bi, Se with three layers of O, Hf,

O held in between them. The concentric circles represent the electronic distribution while the center represents center of the atom. The order of density strength follows as: Bi>Se>O>Hf.

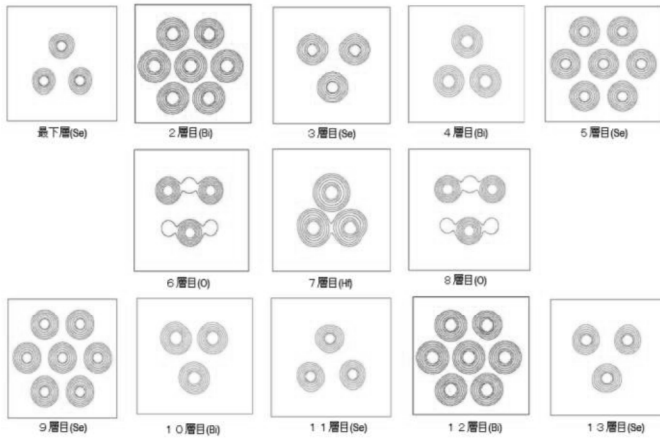


Fig. 6 Electron Contours of HfO₂/Bi₂Se₃

4. Conclusion

Electronic structure of (111)- HfO₂/Bi₂Se₃ interface has been investigated using DV-X α method. The formation of HfO₂ conduction band is mainly contributed by Hf5d, Hf5f and Hf6s orbitals. The total density of states of (111) - HfO₂/Bi₂Se₃ have Se4p states as the chief component. The (HfO₂)₅/Bi₂Se₃ structure has better stability as compared to HfO₂/Bi₂Se₃.

In this research, the electronic state calculations on (111)-HfO₂/Bi₂Se₃ interface were successfully carried out to study the special characteristics of this new category of topological insulators. The field is at an early stage in its development and much work to be done to realize the potential use of these new materials^[8]. It is expected to the field of spintronics and quantum circuits for quantum computing, so M.S. would like to continue the research in future as well.

Appendix

Table I Input data file for c-HfO₂

Z	NEQ	X	Y	Z
72	1	0.00000	0.00000	0.00000
72	1	5.08000	0.00000	0.00000
72	1	5.08000	5.08000	0.00000
72	1	0.00000	5.08000	0.00000
72	1	0.00000	0.00000	5.08000

72	1	5.08000	0.00000	5.08000
72	1	5.08000	5.08000	5.08000
72	1	0.00000	5.08000	5.08000
72	1	2.54000	0.00000	2.54000
72	1	0.00000	2.54000	2.54000
72	1	2.54000	5.08000	2.54000
72	1	5.08000	2.54000	2.54000
72	1	2.54000	2.54000	5.08000
72	1	2.54000	2.54000	0.00000
8	2	1.27000	1.27000	1.27000
8	2	3.81000	1.27000	1.27000
8	2	3.81000	3.81000	1.27000
8	2	1.27000	3.81000	1.27000
8	2	1.27000	1.27000	3.81000
8	2	3.81000	1.27000	3.81000
8	2	3.81000	3.81000	3.81000
8	2	1.27000	3.81000	3.81000

NEQ	CHG	U/D	RD	VD	1
0	Unit	(0:angstrom 1:atomic)			
0	Spin	(0:non-spin 1:spin)			
0	M.P.	(0:No 1:Yes)			
0	Sample Point	(<100000, =0 autose)			

Table II Input data file for t-HfO₂

Z	NEQ	X	Y	Z
72	1	0.00000	0.00000	0.00000
72	1	5.03000	0.00000	0.00000
72	1	5.03000	5.03000	0.00000
72	1	0.00000	5.03000	0.00000
72	1	0.00000	0.00000	5.11000
72	1	5.03000	0.00000	5.11000
72	1	5.03000	5.03000	5.11000
72	1	0.00000	5.03000	5.11000
72	1	2.51500	0.00000	2.55500
72	1	0.00000	2.51500	2.55500
72	1	2.51500	5.03000	2.55500
72	1	5.03000	2.51500	2.55500
72	1	2.51500	2.51500	5.11000
72	1	2.51500	2.51500	0.00000
8	2	1.25750	1.25750	1.23750
8	2	3.77250	1.25750	1.27750
8	2	3.77250	3.77250	1.23750
8	2	1.25750	3.77250	1.27750
8	2	1.25750	1.25750	3.75250
8	2	3.77250	1.25750	3.79250
8	2	3.77250	3.77250	3.75250
8	2	1.25750	3.77250	3.79250

NEQ	CHG	U/D	RD	VD
0	Unit	(0:angstrom 1:atomic)		
0	Spin	(0:non-spin 1:spin)		
0	M.P.	(0:No 1:Yes)		
0	Sample Point	(<100000, =0 autoset)		

Table III Input data file for HfO₂/Bi₂Se₃

Z	NEQ	X	Y	Z
83	1	4.13000	0.00000	0.00000
83	1	2.06500	3.57668	0.00000
83	1	-2.06500	3.57668	0.00000
83	1	-4.13000	0.00000	0.00000
83	1	-2.06500	-3.57668	0.00000
83	1	2.06500	-3.57668	0.00000
83	1	0.00000	0.00000	0.00000
34	2	2.06500	1.92200	1.90800
34	2	-2.06500	1.92200	1.90800
34	2	0.00000	-2.38440	1.90800
83	1	0.00000	2.38440	3.81600
83	1	-2.06500	-1.92200	3.81600
83	1	2.06500	-1.92200	3.81600
34	2	4.13000	0.00000	5.72400
34	2	2.06500	3.57668	5.72400
34	2	-2.06500	3.57668	5.72400
34	2	-4.13000	0.00000	5.72400
34	2	-2.06500	-3.57668	5.72400
34	2	2.06500	-3.57668	5.72400
34	2	0.00000	0.00000	5.72400
34	2	0.00000	2.38440	-1.90800
34	2	-2.06500	-1.92200	-1.90800
34	2	2.06500	-1.92200	-1.90800
8	3	2.06500	1.92200	7.63200
8	3	-2.06500	1.92200	7.63200
8	3	0.00000	-2.38440	7.63200
72	4	0.00000	2.38440	9.54000
72	4	-2.06500	-1.92200	9.54000
72	4	2.06500	-1.92200	9.54000
8	3	2.06500	1.92200	11.4480
8	3	-2.06500	1.92200	11.4480
8	3	0.00000	-2.38440	11.4480
34	2	4.13000	0.00000	13.3560
34	2	2.06500	3.57668	13.3560
34	2	-2.06500	3.57668	13.3560
34	2	-4.13000	0.00000	13.3560
34	2	-2.06500	-3.57668	13.3560
34	2	2.06500	-3.57668	13.3560
34	2	0.00000	0.00000	13.3560

83	1	0.00000	2.38440	15.2640
83	1	-2.06500	-1.92200	15.2640
83	1	2.06500	-1.92200	15.2640
34	2	2.06500	1.92200	17.1720
34	2	-2.06500	1.92200	17.1720
34	2	0.00000	-2.38440	17.1720
83	1	4.13000	0.00000	19.0800
83	1	2.06500	3.57668	19.0800
83	1	-2.06500	3.57668	19.0800
83	1	-4.13000	0.00000	19.0800
83	1	-2.06500	-3.57668	19.0800
83	1	2.06500	-3.57668	19.0800
83	1	0.00000	0.00000	19.0800
34	2	0.00000	2.38440	20.9880
34	2	-2.06500	-1.92200	20.9880
34	2	2.06500	-1.92200	20.9880

NEQ	CHG	U/D	RD	VD
0	Unit	(0:angstrom 1:atomic)		
0	Spin	(0:non-spin 1:spin)		
0	M.P.	(0:No 1:Yes)		
0	Sample Point	(<100000, =0 autoset)		

Here, Z is the atomic number, NEQ is the atomic type number and XYZ coordinates shows the position of atoms in 3-d coordinate system. The unit is Å.

References

- [1] Robertson J., Rep. Prog. Phys., 69 (2006), 327.
- [2] Torchio P., Gatto A., Alvisi M., Albrand G., Kaiser N., Amrac., Appl. Opt., 41 (2002), 3256.
- [3] David R., Paul B., Kenneth J., Appl. Opt., 39 (2000), 1589.
- [4] H. Adachi, Y. Kowada, I. Tanaka, H. Nakamatsu, M. Mizuno, "Hajimete no denshi joutai keisan"(Japanese), Sankyoku(1998)
- [5] H. Adachi, T. Mukoyama, J. Kawai (Eds.), "Hartree-Fock-Slater Method for Material Science"- The DV-X α method for design and characterization of materials, Springer (2006).
- [6] X.Zhao, D. Vanderbilt, Phys. Rev. B No. 65, 233106 (2002).
- [7] K. Kuroda, M. Arita, K. Miyamoto, M. Ye, J. Jiang, A. Kimura, E. Krasovskii, E.V. Chulkov, H. Iwasawa, T. Okuda, K. Shimada, Y. Ueda, H. Namatame, M. Taniguchi1 Phys. Rev. Lett. 105, 076802, (2010).
- [8] K. Kuroda, H. Miyahara, M. Ye, S. V. Eremeev, Yu. M. Koroteev, E. E. Krasovskii,et.al., Phys.Rev. Lett. 108, 206803 (2012).

緩速ろ過池に生息する微小動物の腸内細菌フローラの 系統解析

環境都市工学分野 竹内準一, 黒杭祐太, 田中 陵暉

Molecular Analysis on Gut Flora of Aquatic Invertebrates Inhabiting Slow Sand Filter Beds

(Faculty of Civil and Environmental Engineering) Juni TAKEUCHI
Yuta KUROKUI
Ryoki TANAKA

Abstract

Internal colonizers of bacteria were isolated from gut after partial surface sterilization using UV irradiation and the subsequent dispersal treatment. Genomic DNA extraction from each isolate was performed with a FTA™ card (Whatman, UK), and then PCR-amplified, targeting 16S rDNA fragments with universal primer pairs. The PCR products were purified and then sequenced to identify a series of bacterial strains collected during this study. Most of the gut floras were members of the *Aeromonas* group commonly distributed in aquatic habitats, whilst others were identified as *Paucibacter* and *Acidovorax*, both may degrade native and manmade toxic materials such as cyanotoxin and dioxin, respectively. These normal floras of invertebrates inhabiting slow sand filters contribute not only to purify water but may decompose unfavorable toxic substances, presumably reducing potential health risks during drinking water production.

Key Words: normal flora, *Aeolosoma*, *Tubifex*, *Chironomus*, *Aeromonas*, PCR
正常菌相, アブラミミズ, イトミミズ, ユスリカ, エアロモナス 遺伝子増幅

1 はじめに-急速ろ過 vs 緩速ろ過の構図

現在, 日本で主流となっている浄水技術は凝集剤を用いる急速ろ過法 (rapid sand filtration) である。土木構造物に加え, 最新の電気・機械設備を備えた (mechanized) 設備なので, 高度技術の印象を与える。対する緩速ろ過法 (slow sand filtration) は水を湛えただけの人工の池, または水泳用プールのような外観を持つ。

日本でも戦前は英国から伝わった緩速ろ過池が主体であったが, 戦後の米軍進駐とともに急速ろ過池へと移行された。これは, 1日に製造することができる水量の差であると説明されることが多いが, 発祥地の英国では大都市でも緩速ろ過池を常用している¹⁾ので, 生産量とする理由では必ずしも説得力に富む説明とは言えない。

最も考えられる背景は, 急速ろ過池の方が初期の建設費 (電気・機械設備) と日々の維持管理費 (電力, 凝集剤など) が嵩むことで直接および間接に雇用を生み出す経済効果 (水量当りの売り上げが固定費として計上できる) であろう。これは製造者にとっては安定して利益を生み出す利点であるが, 利用者には経常的な経済負担を強い結果になる。日本の水処理業界 (water industry) が利益を生み出す構造であると言える。わが国が資本主義体制である以上,

妥当な範囲では異論を差し挟む特段の理由はない。しかし, 経済効果 (利潤) を上回る利点が認められた場合, 浄化方式を選択するに際し, 考慮しなければならない要因が加わってくるであろう。

例えば, 震災時の飲料水の供給である。2011年の東日本大震災でも急速ろ過池は外部電源がダウンすれば自動的に飲料水を製造することは不可能になるが, 電気・機械設備のない緩速ろ過池では飲料水が供給し続けることができた (高台に立地する緩速ろ過法の浄水場からは自然流下で供給された) ことが評価されている²⁾。

次に, 緩速ろ過が急速ろ過にない利点が認められる場合である。具体的には, 緩速ろ過池の砂層表面に生息する生物群集が供給される原水の水質の変化に対して鋭敏かつ自動的に応答して, 不利益をもたらす流入物質 (例えば, カビ臭の原因物質, アオコの毒素, 大気から降下する汚染物質, 健康被害を引き起こす原虫シストなど) を自動的に分解・除去してくれるような場合が想定される¹⁾。

最後に, 小規模でも維持管理が簡単でかつ, コストが掛からないことから財政基盤が脆弱化した市町村, 山間の限界集落, 開発途上国などで必要不可欠となる飲料水を安定供給していく³⁾際は, 緩速ろ過の応用技術が, 今後とも数少ない切り札となるであろう。

一方、緩速ろ過池には野外に晒されているので、いろいろな生物が飛来し、そこに住み着いてくる。ユスリカ幼虫（アカムシ）は緩速ろ過の砂層には年間を通じて見つかる上、夏場にはトンボの幼虫であるヤゴが普通に生息する（図1）。動物である限り排泄物も出すため、飲み水の中に混入するのではないかと思われる。しかし、固形物の大半は砂層の表層で捕捉され、その場で微生物代謝を受けてしまうので実害には及ばない。それも、ヒトのような雑食性の動物と異なり自然界の動物は好みの餌を接触している可能性が高い。溜池に生息しているミジンコ（オオミジンコ、ケンミジンコ）の消化管内の細菌相を分調べるため本稿と同様の手法で分離してみたところ、均一（サイズと色調）なコロニーが分離された（データ非開示）ことから、自然界で餌が十分に確保された条件下では、動物は自分好みの餌を選択的に捕食しているものと推定された⁴⁾。

前回の報告⁵⁾でユスリカ幼虫の消化管内容物から培養した細菌のコロニーが大きなコロニーと小さなコロニーに2分されていた結果は、採集直後の生体を用いた実験に失敗した結果、本来の消化管内フローラ（大）と絶食状態で外部から取り込んだ外部環境に常在している環境由来の細菌フローラ（小）が混在した状態を反映した結果（前報⁵⁾の図9）であったことが判明した。そこで、今回は採集直後の生体だけを速やかに実験に供するように留意した。

なお、実験室で実験動物を完全に絶食させると、細菌が全く検出できないほど消化管内の細菌は一掃されてしまうこともわかった。このことは、バッチ（回分）系であれば無菌状態に近くなるまで微小動物が細菌を摂取し、生命維持に必要な栄養素を確保しようとすることの証拠である。実際の緩速ろ過池は常に、外部から原水が供給され続け、日光が当ることによって藻類による一次生産を通じ、有機物と溶存酸素が豊富に供給されている。そのような定常状態の下で微小動物は好みの餌を摂取し、安定的な消化管フローラを形成していると現場で進行する生物過程のシナリオを書くことができる。

以上の観察結果は、緩速ろ過池の浄化システムが依存している生物群集が行う摂食・捕食プロセスの代償に起こる脱糞現活動が非衛生ではないかという懸念を払拭できる一面を持つ。また、一連の初期の研究⁶⁾でも微小動物の消化管から分離された従属栄養細菌が各種の有機基質に対して強い加水分解活性を示していたことから、排出された糞塊は汚物というより、消化促進効果を備えた自然界の酵素製剤と解釈できる。その意味では、緩速ろ過池に出現する生物群集は非衛生的な存在であるというより、総体としての水質浄化に寄与し、薬剤を用いる浄水システムより自然に近く、等しく動物である人体システムにも馴染む素性を備えているものと解釈できる。

このように描いた緩速ろ過池の“微生物像”を前提とした上で、今回は浄化機能の中核を担っていると思われる微小生物の対象生物を広げ、それらの消化管フローラを分子生物学的な手法で同定し、既存の塩基配列データベースで検索し、共通性の有無を検討した。

なお、緩速ろ過法の欠点として定期的な砂層の掻き取り（漉き取り）が必要という点が指摘されるが今回、調査対象とした実施設では、機械化した設備を備えていた（図2）。厚みによっては折角、備わっている水質浄化の中心である微生物活性のある表層部を根こそぎ削り取ることは、反って非効率であるという見解もある¹⁾。

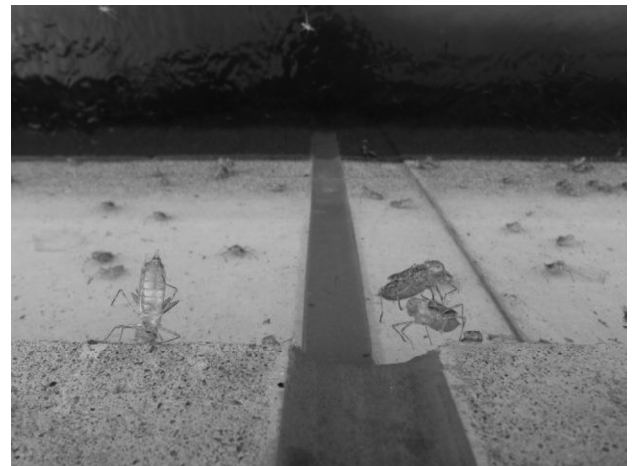


図1 緩速ろ過池の壁面に残った羽化したヤゴの殻
(広島県沼田川水道事務所管内にて、著者撮影)

2 材料と方法

2.1 調査場所

呉市水道局（現、呉市上下水道局）は、2012年度途中で、平原浄水場の緩速ろ過施設を施設更新・拡充のため運転停止したので、広島県三原市が保有する西野浄水場（三原市西野 5-14-1）および広島県（企業局）沼田川水道事務所（三原市本郷 7-17-1）管内の本郷埜田浄水場の緩速ろ過池を調査対象とした。現地調査は、2012年9月から12月の間に実施した。

2.2 研究方法

(1) 試料採取

西野浄水場では、湛水状態のまま専用の生物膜採取用具を用いて砂層表面を穏やかに掻き取るように生物膜を砂ごと採取し（図3）、冷蔵状態で試料を実験室へ持ち帰った。

本郷埜田浄水場では、イトミミズが大量発生しているとの情報⁷⁾が得られたことから、掻き取り作業のため上張水を抜いたろ過池の砂面に降りて、イトミミズの集塊を砂ごと採取して持ち帰った。



図2 機械化された緩速ろ過池の掻き取り作業
(広島県沼田川水道事務所管内にて、著者撮影)



図3 湛水状態の緩速ろ過池からの試料採取
(三原市西野浄水場にて、著者撮影)

(2) 試料調製および平板培養

砂ごと採取した試料について肉眼または実体顕微鏡(レイマー, 大阪)下で対象の微小動物を微生物ピンセット(離合社, 東京)またはスポイトでソーティングした(アブラミミズとユスリカ3令幼虫は柔らかいのでピンセット使用は虫体が切断されてしまうので不適)。対象とした微小動物は、貧毛類・アブラミミズ(*Aerosoma* sp.), 貧毛類・イトミミズ(*Tubifex tubifex*), 双翅目・ユスリカ科(Chironomidae)3令~5令幼虫である。

前報告⁵⁾に準拠して、各動物個体から紫外線照射による表面殺菌の後、虫体を磨り潰して消化管内の細菌群集を分散し、適宜、希釈した後、標準寒天培地(日水製薬, 東京)上に塗抹して培養した。

虫体の磨り潰しには、イトミミズではサイズが大きく固いため、乳鉢を用いて手作業で磨り潰した。それ以外は、エッペンドルフ・チューブ(1.5mL容)に移し、同チューブ専用ハンディーミキサー(ケニス, 東京)を用いて電動で粉碎した。

(3) 分離培養および斜面培養

上記の寒天培地上に形成された単独コロニーを滅菌白金耳で各試料からランダムに釣菌し、同培地上で画線を繰り返して、純粋培養を得た。単離した菌株は、SCD(ダイゴ, 大日本製薬, 東京)斜面培地に移した上で、冷暗所に保管した。

(4) FTATMカードによるDNA抽出

分離した菌株を滅菌水に適宜、懸濁させ、1.2mmφに打ち抜いたFTATMカード(ワットマン, 英国)のディスク片に菌体懸濁液を吸着させ、シリカゲルを含むデシケータ中で自然乾燥(風乾)させた。この吸着作業により、菌体は破壊され、DNAがFTAカードを構成するろ紙繊維の隙間へDNAが絡まり、固定される。

ディスクは、専用のFTA精製試薬(洗浄液)を200μL加え、室温で5分間インキュベートした。ピペットを用いてFTA精製試薬を取り除き再度、200mLの同精製試薬を加えて洗浄した。最後に2回、TEバッファーを200mLを加えることを2度行い、余分な精製試薬を取り除いた。ディスクは乾燥させてからPCRに供する。

(5) PCRによる系統遺伝子の増幅

DNAを固定したFTAディスクをテンプレートとして、常法に従い、PCR反応を行った。プライマーは16S rDNAを標的にするユニバーサル・プライマー(27F, AGAGTTTGATCMTGGCTCAG; 1492R, GGTTACCTTGTTAGGACTT)を用いた。Taqポリメラーゼは宝酒造製を、dNTPsは日本ロシュ製を用いた。サーマル・サイクラーには、サーモジェン・クイックバスQB-0225ACモデル(長野)を用いた。

(6) 塩基配列の決定及び検索

増幅したPCR産物の有無を1%アガロース・ゲル(日本ゼイン)電気泳動で確認した後、マクロジェン・ジャパン(東京農業大学内)へ精製および塩基配列(シーケンス)解析を依頼した。

塩基配列データは、DDBJ(DNA Data Bank of Japan, 三島)のサイトで検索し、最も妥当と思われる分類群を推定した。

3 結果および考察

3.1 消化管フローラのコロニー形状

今回の調査で、野外から採取した直後の微小動物の消化管フローラを平板培養すると、単一の形態を持つコロニーのみが出現するという顕著な傾向があることが判明した。これは、微小動物の種類をユスリカ幼虫、アブラミミズ(図4)、イトミミズ(図5)と変えても同じ傾向であり、各々が違う採取場所でも(地理的に離れた場所に立地する浄水場であっても)同じような傾向を示した。

底生動物だけでなく、2箇所の異なる池からオオミジンコとケンミジンコの2種類のプランクトン採取して同様な実験手法により消化管内の細菌フローラを培養しても、同様に単一のオレンジ色特異的なコロニーだけが形成された(データ非開示)。

ここで採り上げた微小動物の中では、比較的大型のイトミミズを例に、実験室内で飼育維持しなから腸内フローラの変化を調べると、野外から室内飼育に移行させて行く過程で、腸内細菌フローラの均一性が次第に損なわれていくことが判明した。特に、長期間、絶食させてしまうと、同じ実験手法を試みても消化管内内容物がなくなってしまうのか標準寒天培地では細菌が分離できない状態になった。

以上のことから推測されるのは、野外で生息している微小動物は手当たり次第に固形物なら何でも摂食しているのではなく、自分の好みにあった餌料を選択的に摂食している可能性がうかがえる。それが、閉鎖空間である飼育環境に移行し、好みの餌が枯渇してくると、次の餌候補を選択し、最後にはやむなく脱皮殻や他の微小動物の遺骸、さらに糞塊など無差別に摂食しているものと推定される。これは動物である以上は、生命維持のため一定のエネルギーを摂取し続けなければならないので当然であろう。

一方、野外のような連続培養系では室内のような回分(バッチ)培養系と異なり、餌は連続的に外部から提供される見込みがある。この条件下ならば、微小動物は餌を選び好みできる立場なので、消化管に送り込まれる固形の有機物が同一となり、それに依存する腸内細菌フローラも均一化することで説明がつく。

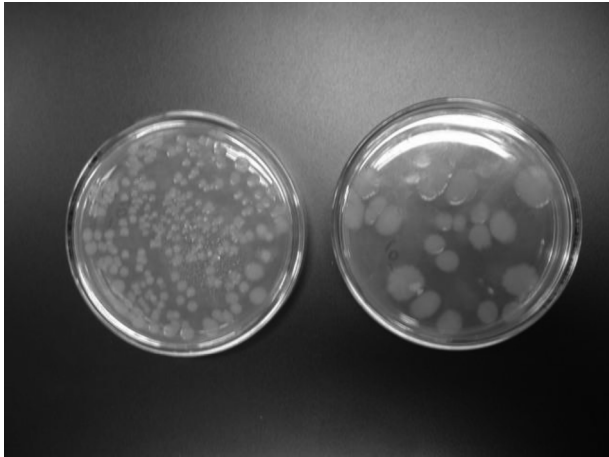


図4 アブラミミズの消化管内容物の細菌コロニー
(やや透明感のある黄色味を帯びた外観)

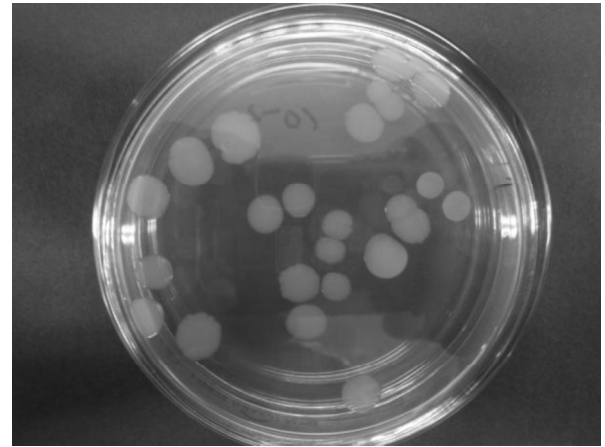


図5 イトミミズの消化管内容物の細菌コロニー
(乳白色で、粘り気のあるムコイド状の外観)

なお、昨年度の報告⁵⁾では、最初の培養で失敗していたため、この腸内細菌が均質化している現象を発見することができなかった。その結果、アブラミミズで初めて遭遇した場合、優占している細菌が特定の抗菌物質を分泌して他の細菌を排除した結果、均質化するのではないかとこの可能性も疑われた。そこで、優占していた細菌が他の生息環境中から分離された細菌の成長を抑制するか否か寒天培地上で交差画線することで確認してみたが、優占菌株が他の細菌の生育を抑制する効果は全く観察されなかった(データ非開示)。

一方、対象動物の種類や採取場所を変えていっても、野外で採取した直後の微小動物の消化管フローラが均質化している状況に変わりはないことから、これが広く普遍的な傾向であり、かつ再現性が高い現象であったことから、微小動物は制約のない条件下では、好みの餌料を選択摂取している構図が炙り出されたと言えよう。

これまで緩速ろ過池に生息する微小動物(例えば、ユスリカ幼虫)の役割は、ろ過池の状態を整備してくれるその生態学的な役割から現場エンジニアを代行する位置づけとして認識されてきた⁷⁾。その水質浄化機構は、100年以上も前からコレラ菌をも駆除した実績を示しており、それは高密度でろ過池に生息している微小動物が口に入る固形物であれば何でも摂食してきたからであろうと説明されてきた¹⁾。確かに食べる餌料に事欠けば、手当たり次第に口にするのは動物が生命を維持して上で当然のことであるが、どうやら安定的に維持管理されている緩速ろ過池では、定期的な餌が供給されるので、微小動物は好みの餌を選択的に摂取してきたという方が適切な“緩速ろ過の微生物像”ではないかと思われる。その結果、消化管内フローラは均質に維持され、そのような安定した微生物生態系に異物としてのコレラ菌など有害な細菌の細胞が混入してきたとしても、安定した消化管フローラの中から排除されてしまう可能性が考えられる(発酵食品やヒトの腔にノーマル・フローラが優占することで、外来菌を排除している仕組みとも類似している⁸⁾)。

さらに、微小動物の消化管から排泄(脱糞)された糞塊からも特異的なフローラが外界へ放出されると同時に、強い加水分解活性を共通して示すことも一連の本研究の中で明らかにしている⁶⁾。

3. 2 16S rDNAによる分離菌株の同定

緩速ろ過池の砂層表面に生息する微小動物の消化管内から収集した菌株から抽出したDNAをテンプレートとして系統遺伝子(16S rDNA)を標的としたPCR増幅を行い、部分的な塩基配列を調べることで、該当する系統分類学的な位置づけを明らかにした。

計 11 菌株の同定結果を表 1 に一覧する。概して発酵能を有するγプロテオバクテリア綱 *Vibrio* 科 (*Vibrionaceae*) の *Aeromonas* 属に括られる細菌グループで環境中の代表的な常在菌であるが、一部の菌種では魚類・両生類など水生動物に感染症を起こす他、ヒトに日和見感染症(最も重篤な場合では、壊死性筋膜炎)を引き起こした症例もあるが、大部分の菌種では自然界に定着した非病原性の陸水環境のノーマル・フローラであるとされている⁹⁾。

以上の結果は、臨床用の簡易同定キットを用いて菌種を推定した場合、優占していた腸内細菌科 (*Enterobacteriaceae*) に属する *Serratia* 属や *Ewingella* 属⁵⁾ が分子生物学的な同定結果では一株も引っかかって来なかったことから、チトクローム・オキシダーゼ活性の試験結果の誤認による誤同定である可能性が疑われる。このように表現形質による同定には、一つの試験結果が誤ると、結果的に全く別のグループに分類されてしまうリスクを持つ。腸内細菌科の細菌は、大腸菌を代表とする温血動物の常在菌であり、高い嫌気度を保てる消化管の生息環境に適応している。一方、水生微小動物の消化管は陸上動物のそれと比べ長さも短く、外界から隔離されている程度も、それほど高いとは言えないようである(図6)。

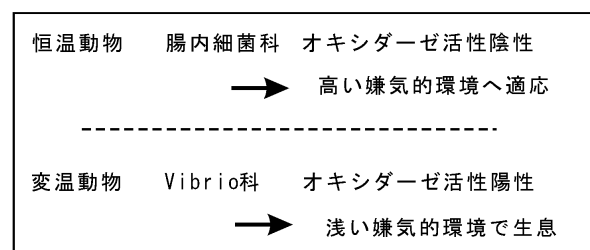


図6 微小動物の腸内細菌の位置づけ(概念図)

表 1 各種微小動物の消化管から単離された好気性従属栄養細菌の分子生物学的な同定結果

試験体	株	類似度 (%)	同定結果	備考
アブラミズ	K1	99%	<i>Aeromonas hydrophila</i>	ビブリオ科アエロモナス属。淡水域の常在菌。
アブラミズ	K2	99%	<i>Paucibacter</i> sp.	アオコの毒素を分解する菌の仲間。
アブラミズ	K3	99%	<i>Aeromonas</i> sp.	ビブリオ科アエロモナス属。
イトミズ	K4	98%	<i>Paucibacter</i> sp.	アオコの毒素を分解する菌の仲間。
イトミズ	K5	99%	<i>Acidovorax</i> sp.	ダイオキシン、PCB の毒素を分解。
ユスリカ 5 令幼虫	K7	100%	<i>Aeromonas media</i>	ビブリオ科アエロモナス属。
ユスリカ 5 令幼虫	K8	100%	<i>Aeromonas veronii</i>	ビブリオ科アエロモナス属。
ユスリカ 5 令幼虫	K9	100%	<i>Aeromonas veronii</i>	ビブリオ科アエロモナス属。
ユスリカ 3 令幼虫	K10	100%	<i>Aeromonas veronii</i>	ビブリオ科アエロモナス属。
ユスリカ 3 令幼虫	K11	99%	<i>Aeromonas</i> sp.	ビブリオ科アエロモナス属。アブラミズから同定された菌と同種。
ユスリカ 3 令幼虫	K12	100%	<i>Aeromonas veronii</i>	ビブリオ科アエロモナス属。

以上の観点からすると、緩速ろ過池の微小動物の消化管フローラは主に *Vibrio* 科 (大半が *Aeromonas* 属) であり、消化管の構造が長く複雑な形状を持つ陸上動物ほど特殊化していないものの、外界からある程度は隔離されて特定の餌を摂取しながら固有の腸内フローラを形成しつつある様子を伺い知ることができる。

もう 1 点、注目すべきは、アブラミズとイトミズからのみ、アオコの毒素 (K2 株) や人工的に生成したダイオキシンや PCB の毒素 (K5 株) を分解する既報の菌種で報告があった塩基配列と約 500 塩基対ベースで 99% の相同性が認められたことである (表 1)。これは、直ちに今回の分離菌株がこれらの毒物を分解していることの証拠にはならないが、緩速ろ過池の底でこれらの生態毒性を緩和させている可能性を示唆する傍証であろうと期待できる。

なお、なぜユスリカ幼虫からはそのような特殊な機能を有する細菌との相同性が見つからないのか吟味してみると、ユスリカ幼虫は緩速ろ過池の中での滞在時間が相対的に短く、羽化して水環境から出て行ってしまふことで説明がつく。すなわち、アブラミズとイトミズは水中に留まる“永久滞在者”であるが、ユスリカ幼虫は緩速ろ過池の“一時滞在者”である点が大きくことなる。従って、永久滞在者の消化管フローラの方が長期間生息することで水環境へ適応し、生態毒性の分解能を獲得しやすいのかも知れない。一方、微々たる量かも知れないが、ユスリカ幼虫は虫体内に蓄積した有害物質を羽化することで水中から一緒に取り除く効果も期待できるのかも知れない。

4 総括—緩速ろ過池の微生物像—

これまで一連¹⁰⁾の緩速ろ過池に生息する微小動物の消化管フローラを解析することによって、これまで見えて来なかった緩速ろ過池の砂層中の微生物像がおぼろげながら浮かび上がってきた。

それは、微小動物は現場では、①餌を選び好みして摂食しているらしいこと、②そのため、消化管内で均質の細菌フローラを形成させていること、③ユスリカ幼虫のように羽化してしまわない動物の方が、長く水中に留まる分、アオコ毒などの生態毒性に対する分解能を獲得していく可能性が高い。

プランクトンであるミジンコでは、水中の一次生産者である植物プランクトンを選択的に摂食している可能性が高いが、水中を沈降してくる栄養に依存する底生動物の場合、餌を選び好みする余地が乏しいかも知れない。その場合、アブラミズやイトミズは、自らが排泄した糞塊 (fecal pellets) とそこへ付着してくる細菌や微細藻類を混合し、繰り返し摂取しては消化管を還流させている可能性 (図 7) も考えられる。特に、イトミズは陸上生態系のみミズが土壌を耕すように、生物攪乱 (bioturbation) で砂層表面を耕して目詰まりを軽減する¹¹⁾と同時に、糞塊を形成して繰り返し自らの消化管フローラを集積培養している可能性も考えられる。

もし、このような消化管フローラを集積培養系が実在するとしたら、カビ臭やアオコ毒のような有害物質を分解したり、コレラ菌などの外来性の有害微生物を駆除する水質浄化機能に貢献している可能性は想像に難くない。

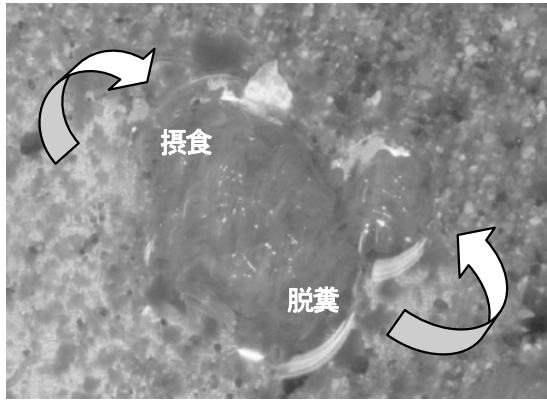


図7 イトミミズの還流型・集積培養系

なお、イトミミズは接触走性（お互いに絡まる性質）を持つため砂層内に分散した状態でも見つかる（図8）ほか、ダンゴ状で見つかる（図9）場合もある。なお、アブラミミズも個体ごとにソーティングすると容器の中で接触走性を見せるが、現場で絡まり合っで見つかることはない。

これまでは微小動物の消化管フローラのうち、R2A 寒天培地⁶⁾ および標準寒天培地⁵⁾ で生育する好気性従属栄養細菌、中でも発酵代謝能を有する通性嫌気性菌を対象としてきた。偏性嫌気性細菌に関する実態は全く調べていない。今後、調べるとしたら水の流れが確保されて全体として好気的な雰囲気で移動している緩速ろ過池であるが、停止した際に増殖してくるかも知れない偏性嫌気性細菌の増殖ポテンシャルであろう。

謝辞

本研究の遂行に当っては、三原市水道部（西野浄水場）一三三伸一工務配水課長、並びに広島県企業局（沼田川水道事務所）中増新市浄水課長、杉野秀治技術員他にお世話になりました。ここに記して謝意を申し上げます。

本研究の一部は、中華人民共和国の大連大学（大連市）からの短期交換留学生の Yajing Zhao および Yu Lin と一緒に実施した。同交流事業の実施は、呉東ロータリークラブからご支援を受けたので、記して感謝いたします。

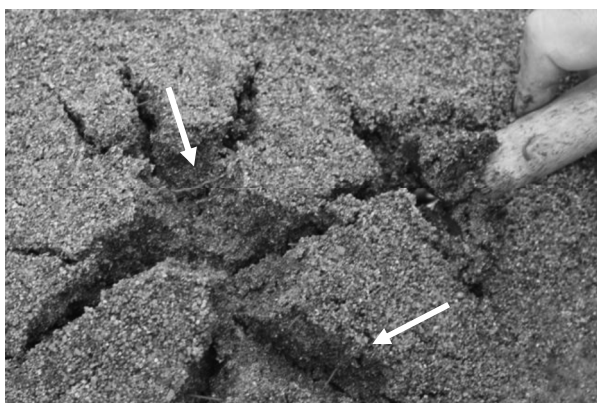


図8 砂層中に分散しているイトミミズ個体（矢印）

参考文献

- 1) 中本信忠, おいしい水のつくり方 生物浄化法一飲んでおいしい水道水復活のキリフダ技術, 築地書館（東京）, 2005. 8.
- 2) 古米弘明, 東日本大震災における上水道被害と対応について, 東日本大震災上下水道シンポジウム講演資料(2012. 3. 27 仙台). <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/dl/s02.pdf>
- 3) 橋本淳司, 限界集落, 開発途上国の課題を解決! 市民が管理できる小規模給水施設, アクアスフィア橋本淳司事務所, 館林. <http://www.aqua-sphere.net/es/as/08/as08.html>
- 4) 太田悠紀, 餌料動物（ミジンコ、イトミミズ）の腸内細菌, 呉工業高等専門学校環境都市工学科卒業論文, 21pp, 2013.
- 5) 竹内準一・大崎直生, 緩速ろ過池の砂層に生息するユスリカ幼虫の消化管フローラ, 呉工業高等専門学校研究報告, **74**: 13-18, 2012.
- 6) 竹内準一, 鈴藤真也, 緩速ろ過池の砂層に生息するユスリカ幼虫と随伴する細菌群集の役割, 呉工業高等専門学校研究報告, **73**: 19-24, 2011.
- 7) R.S. Worrton, K. Hirabayashi Midge larvae (Diptera: Chironomidae) as engineers in slow and filter beds, *Water Res.*, **33**: 1509-1515, 1999.
- 8) M. Schaechter, G. Medoff, B.I. Eisenstein, *Mechanisms of Microbial Disease* 2nd Ed., Williams and Wilkins, Baltimore, 1993.
- 9) P. Singleton, D. Sainsbury, *Dictionary of Microbiology and Molecular Biology* 2nd Ed., John Wiley & Sons, Chichester, 1993.
- 10) 竹内準一, 池崎万里奈, 自然微生物群集を用いた緩速ろ過方式浄水場の環境持続性, 呉工業高等専門学校研究報告, **72**: 35-40, 2010.
- 11) 杉野秀治, 平山茂治, 中増新市, イトミミズ類による緩速ろ過池の損失水頭上昇に対する抑制効果、用水と廃水 **54**(11), 860-869, 2012.



図9 局所的に集合しているイトミミズ群集

国際競争力を育む教育方策への展望

環境都市工学分野 竹内準一

Perspectives towards Internationally-Competitive Competences in Modern-Day Educational Context

(Faculty of Civil and Environmental Engineering) Junji TAKEUCHI

Abstract

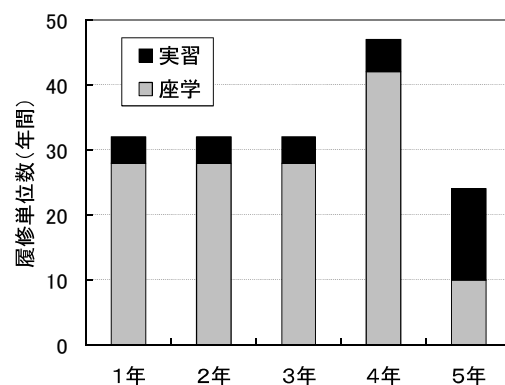
Creative learning processes at class/home should have so far been introduced in Japan as an alternative pedagogy divergent from traditional lectures. These one-way lectures may mislead most students to “reactive” habits rather than “proactive” attitudes, though the latter would be surely required by the internationally-competitive settings. Project-based learning, alongside knowledge-based self-taught, could fulfill these modern-day needs, in terms of boosting learning competencies. Its possible benefits are to be discussed here with references to the worldwide educational standards such as International Baccalaureate (IB), as well as the OECD’s PISA competencies, with other alternative educational trends in the current globalised context.

Key Words: student-centered learning, PISA competencies, International Baccalaureate (IB)
 学生主体の学習, (OECD) PISA 型学力, 国際バカロレア
 alternative education, e-learning, the factory model
 代替教育, e ラーニング, 工場モデル

1 はじめに-高専の現況

長引く不況の下、志願者倍率（入口）でも、就職率（出口）でも現在、各高専が置かれた状況は、非常に恵まれているかに見える。しかし、高専のみならず日本社会を取り巻く国際的な環境は大きな曲がり角の真ただ中にある感がある。とりわけ急速に進展しつつある国際化の流れは、日本企業の海外進出のみならず外国人労働者の流入など、双方向で就業環境の流動性（labor mobility）が高まる情勢にあると言えよう。

大学と並び高等教育（higher education）の一翼を担う高等専門学校（以下、高専）は、同じ学齢期にある者に対して教育を提供している高校、短期大学と比べ、大学工学部のカリキュラムに準じ、実習を主体とした実践的な教育を早期から行っていると理解されている。しかし、授業形態ごとに座学と実習に分類し履修時間ベースの単位を基準にして集計してみると、依然としてその多くが講義で占められている（図1）。



注) 環境都市工学科建設システム・コースで算出

図1 学年別履修単位数の座学/実習比

*1 呉工業高等専門学校 環境都市工学科 (Dept. of Civil and Environmental Engineering, Kure National College of Technology)

講義の効果を評価する仕組みが定期試験である。高専の教科教育が備える性格として、①定期試験による成績評価、②成績不振者に対する措置(留年と退学)など、厳格に数値化された成績評価システムを採用していることが挙げられる。

また、日本技術者教育認定機構(JABEE)で認定された技術者教育プログラムでは当該分野の技術士の資格取得に際し一次試験が免除される一方、成績評価に対しては、定期試験で70%を配分することが目安である(すなわち、レポート評価は最大30%)。

以上のことから、現行の高専教育では講義と試験による評価システムの適用が教育カリキュラムの根幹をなし、この枠組みの中で学生は勉学に励む指導システム設計(instructional system design)となっている。

本稿では、講義と試験を主体とする高専教育の中で、これまでの教育方策の問題点を洗い出す傍ら、教育界のイノベーションの可能性を探究し、次世代に必要な国際競争力を育む学力観、さらに新しい学校観という視点で近未来の教育の方向づけを試みた。

2. 学校の役割と変遷

2.1 日本の学校教育の特徴

日本の学校は全国津々浦々まで一律に整備され、世界的にも高水準にあると長く認められてきた。しかし、国際学力到達度試験(いわゆるPISA試験)では、順位を下げて、挽回できないでいる。原因は2002年度に導入された「ゆとり教育」が一因であると、これまで論評される一方で、PISA型学力に即応できる対策が施されていないという指摘¹⁾もある。

PISA試験を実施する経済開発機構(OECD)は、日本の教育に一定の評価をしつつも、先進国型ではなく、時代の要請にこたえていないと論評している²⁾。現在まで主流の日本の学校の教授法(pedagogy)は、工場の生産現場の大量生産がモデルになっており³⁾、それならば高度経済成長期に求められた社会への人材供給に奏功した事実と符合している理由に頷ける。

高専も、その時代に要望された人材を養成する場として日本で独自に発達した学校種である。先のOECDの高等教育調査団が、日本の大学教育を評価しなかった一方、高専教育は高く評価された⁴⁾。実際、就職や大学編入と進路の多様性は確保されている⁵⁾。

表1 学習方式による伝達効果の比較

学習方式	記憶残存率
聞いたとき	10%
見たとき	15%
聞いて見たとき	20%
話し合ったとき	40%
体験したとき	80%
教えたとき	90%

注) 吉田(2008)の記述を筆者が表に起こした。

2.2 「講義一試験」方式の限界

講義は非識字者を対象に500年前、中世の修道院で始まった口頭伝授に遡り、教師がノートを読み上げる形式はドイツの大学から始まったとされる⁶⁾。

一斉授業による教授と同一試験による評価は、今も学校に引き継がれてきている。これを伝統と呼べば威厳を感じるが、惰性⁷⁾であるとする意見もある。もとより高等教育は義務教育に端を発する一連の公教育のアンカー役を担う立場であり、学生にとっても実社会に出る直前の仕上げ期間に当たる。

昨今、技術革新と連動した産業構造の変化は急激であり、今、学校で教えているコンテンツが直ちに学生が社会で中核を担う頃には役立つ保証はない。そのような社会の変動性に備えるには、コンテンツ(content-oriented)重視であるより、コンピテンシー重視(competency-oriented)とする必要がある。

現在、コンピテンシーという概念は、学校教育のみならず企業研修でも使われている⁸⁾ので、社会と直結している高等教育でも必須な概念であり、社会との整合性を重視する、いわゆるPISA型学力(the PISA competencies)の基盤をなしている⁹⁾。

企業や自治体向けの研修経験に基づき吉田³⁾は、教授法と受講者の記憶に留まる程度を表1のような数値を目安に示している。これは、座って“話を聞く”という座学形式の学習効率の悪さを示す。

しかも単に定着率が悪いだけでなく、一斉形式の座学を続けていると、徐々に学習者が受け身の姿勢を身につけてしまうという大きな弊害もある¹⁰⁾。新入生は毎年のように期待を抱いて入学してくるものだが、段々と入学当初にはあった目の輝きを失い、いわば好奇心の萌芽を喪失させる可能性がある。要は、学生たちは当初の向学心への期待を裏切られ、諦めの迷宮に迷い込む結果になる。

3. 学習のメカニズム

3.1 学習性無力感と成績評価

当初、脊椎動物を使って実験で発見された心理現象に学習性無力感(learned helplessness)がある。動物が置かれた状態で我慢を強いられると、動物は次第に諦めて無力感を習得し、仮りに事態が改善されても動物の無気力状態が持続するという現象である¹¹⁾。学習性無力感とは、企業が官公庁など組織の活力を損ねる要因としてビジネス分野で採り上げられることもある¹²⁾。多くの場合、前例踏襲の下、個人が集団に埋没していく中で進行する場面が多い¹³⁾。

学習性無力感にいち早く着目した米国のセリグマン(Seligman)自身、対策を講じるべく逆に学習性楽楽感(learned optimism)を提唱した¹⁴⁾。しかし、これは個人の意識や生活面に限定され、学校や会社などの集団や組織を対象とすれば、また別である。

学校に関しては、生徒・学生に対する扱い方次第で正反対の結果になり得ることを英国の教育現場にいたポラード(Pollard)が指摘した¹⁵⁾。要は、学生を成長し得る1人の個人として扱うか、未熟な個人として扱うか(表2)、教員のスタンスによって学びの質

表2 日本の学校で主流の教師のスタンス

クラス全体で捉え、生徒を個人としては捉えない
いつ、何を、どう評価するかは教師が決める。
試験の成績を餌にインセンティブを引き出す。
誰もが学ぶべき内容を、教科の枠内で教える。
教科ごと教師が入れ替わって系統的に教える。
学びの質より、教える知識の量を重視する。
生活や社会との関係より、基礎を重視する。
指示された通りに従うことが期待されている。
一斉に一方通行の授業を行うことが主である。
「規則は規則だ」として、柔軟に対応はしない。
「教師は教師だ」として、生徒との関係は固定的。
教師は「教える」人で、生徒は「教わる」人。
学びは教室内に限定され、試験結果を重んじる。

注) 吉田新一郎 (2008) 作成の表を、筆者JT が加筆修正した。

(成長度) も大きく乖離することを示唆している。

概ね個人主義が基調の欧米では生徒・学生の人格を尊重する指導方針に則っている一方、日本では成績を数値化する作業が客観的な評価を下している行為だと信じられている。このため、学生は試験の成績に基づく序列を黙って“受容する”習慣が根づいている。

これに反して、欧米の授業や試験では自己を他者に向けて“発信する”訓練が基調になっている¹⁶⁾。このような自己表現や他者との意見交換の訓練は、学校現場で社会性を養う上で肝要であろう。

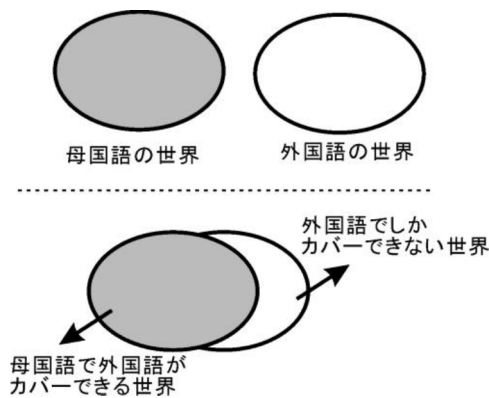
定期試験の役割も日本と欧米とで大きく異なる。端的に言えば日本では成績に“序列を付けること”が目的化されている感があり、欧米では生徒に“学力そのものを付与すること”が主眼である。

答案は文字通り“答えの候補案”を書くのであり、正解との照合が狙いではない。そのため答案に付けるのは欧米式では小さな丸印だけであり、しかも、間違えた箇所¹⁷⁾に注意を喚起させる意図であった¹⁷⁾。このように生徒を序列化するのではなく、育成させる方向に向ければ、“無力感”ではなく“効力感”、すなわち、“頑張れば報われる”という実感が沸く。各種統計によれば、日本の若者の自己肯定感は調査対象国の中で最低ランクに位置づけられ¹⁸⁾、陰湿なイジメから自殺に至る社会風潮の背後には、学校のシステム設計上の重大なミスが潜んでいるように思えてならない。

なお、定着している定期試験による評価システムであるが、限られた出題範囲を試験前日に丸暗記して対処し、試験後に忘れて実力としては身につかない、いわゆる“ごまかし”勉強との指摘¹⁹⁾もあり、講義を聞かなくても前日の集中暗記で点数は稼ぎ出せるため、授業時間を疎かにする“悪循環”に陥る傾向は最早、防ぎ難い。

3.2 メタ認知論

米・ハーバード大学医学部では、20年間にわたり卒業生を追跡調査した結果、レングのように積み上げられた伝統的なカリキュラムは体系的にまとまっており理屈としては優れてはいたが、卒業生は講義内容の大半を忘れてしまっていることが判明した。これでは、



注) 外国語学習の例であるが、汎用化が可能である。

図2 関連づけ作業の概念図 (筆者原図)

試験で満点を取っていても学習したことにならないことが実証されたことになる。そこで、医学分野の個々の課題に“関連づけた”講義内容にカリキュラムを転換させたことによって習得効率が劇的に向上することが確認された²⁰⁾。

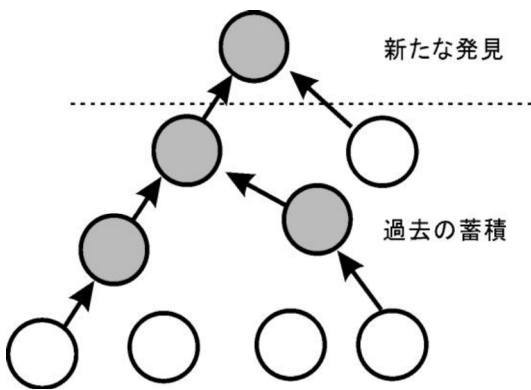
これまでの学校教育は、社会変化がきわめて緩慢であったため一応の成功を見せたが、現在社会のように技術革新の速度が早まると、習得した知識そのものは直ぐに過去の遺物と化す²¹⁾。そのような流動性の高い環境では、既成の知識習得でなく知識の獲得法、すなわち“学ぶ力を会得する”教育システムの設計強化が急務となる。

この種の学習心理プロセスは、学習力を支援する認知機能としてメタ認知 (metacognition) という概念で説明されている²²⁾。このような処理は無自覚のまま半ば自動的に行われてきたので、発見されにくかった効能である。例えば、図2には、母国語を習得している学習者がある年齢から外国語を学び出す際、それまで母国語で蓄積してきた知識や技能の少なからぬ部分がある程度、外国語学習で活かすことができることを示唆する。

これは言語習得の場合に限らず、専門分野の学習にも広範囲に適用でき、このオーバーラップさせる過程が“関連づけ”する行為に他ならない。これは、ハードディスクのような読み書きする記憶媒体と異なり、脳神経系のシナプス形成を考えると当然であろう。

ロジャー・シャンク (Roger C. Schank) は人工知能をヒトの脳と比較研究²³⁾する中で、興味深い発見をいくつもしてきた。例えば、著書『人はなぜ話すのか』の中で、人間が他人に話をする過程では外部からもたらされた雑多な情報を、自分が利用しやすいように整理するために役立っていることを見出した²⁴⁾。これなら学生が、学習した内容を自ら口頭発表することで理解も深まり、記憶も定着するカラクリが見事に説明できる。さらに、シャンクは間違いを犯した方が記憶に刻印されて、反って学習効果が高まる²⁵⁾ 事実 (失敗主導の記憶) の存在も指摘している。使わぬ手はない。

失敗学の畑村はその経験を転用して学習法に言及している²⁶⁾が、“関連づけ”または“類推”などの仕組みによると思われる (図3)。



注) 畑村 (2005) 原図²⁷⁾を一部, 改変
類推による学習は, 発見へと繋がる。

図3 類推による関連づけ (筆者原図)

以上の知見を総括すると, 現在, わが国で主流となっている一方通行の講義, 出題範囲が限定された定期試験, 機械的に数値化された成績評価, それに基づく進級判定は一部, 例外を除けば, 過去の慣例を踏襲しているだけで, 教育システム設計に何ら最新の学問的な研究業績が反映していないことは明白である。

2002 年度から実施された「ゆとり教育」の拠り所となった新学力観 (1989) は PISA 型学力が目指した方向性と合致しており, 推進者²⁸⁾ も第三者²⁹⁾ も「ゆとり教育」は間違っていなかったとしている。実際, OECD は日本の伝統的な教育を最早, 先進国が行うべき教育ではないとして強く勧告してきていた。さらに, 日本は社会が求める学力は時代と共に移り変わることを知るべきだと指摘してきた¹⁾。その意味では, OECD は日本が「ゆとり教育」へ舵を切った政策転換を暗に歓迎していた向きも感じられる。

OECD は経済成長が成熟段階にきた先進国では学習の動機づけが競争原理から学習意欲の高揚へシフトすべきと考えている。この教育政策の転換に失敗したことが今日, 日本の企業や政府が低迷している元凶であろうという指摘も, あながち否定し難い³⁰⁾。

今後, 決められた枠内の作業に留まらず, 新たに独創的な工夫を加えたり, さらにパラダイムを転換していくようなビジネス戦略がグローバル化の激流の中で強く求められている³¹⁾。

2005 年, 経団連は画一的な人材を供給する今までの教育では最早, 先行きがないことから要望書を提出した³²⁾。製品のコモディティ化 (commodification) のあおりを受け³³⁾, 日本の家電メーカー各社は瀕死の重傷を負っている。逆に, 何も新規技術を発明していないジョブズが率いてきたアップル社の方が一人勝ちしている有様である³⁴⁾。以上のことから, 表3のように国際競争力の中身がパラダイムシフトしたのは明白であり目下, 緊急対応を迫られている。しかし, グローバル化の末, コモディティ化の罠 (commodity trap) に嵌まるのは早晩, 社会へと出る新卒人材にも当て嵌まる。

表3 社会が求めるコンピテンシーの階層

階層	対応するコンピテンシー
5	価値観の転換 epoch-making
4	創造的な行動 creative
3	能動的な行動 proactive
2	満足いく行動 promptly-acting
1	受動的な行動 reactive

1~3のレベルが, 旧パラダイムでの指針だった。

注) 川上・齋藤 (2004) を改変し, 筆者が英訳も付記。

4. 現状改善への羅針盤

4. 1 世界の代替教育の潮流

これまで見てきたように, 学校教育は概ね, 教室で授業を行い, 試験で成績評価するという意味では, 一定の基本形に収斂してきていたと言える。ひいて日本と海外の学校の違いを言えば, 日本では教室が固定され, 教員が交代で教室へ教えにくる形態を採る一方, 海外では教科ごとに department があり, 学生が各教室へ向う形態を採ることが多い。これは, 後者の方が自ら教室移動することで, 勉学に対する学生の主体性が築ける可能性が高いとされている。

教室設計の基本の差を越え, 世界には主流となっている学校教育と異質な流れが知られている。これらは, 従来の学校教育とは違う路線と言う意味で, 代替学校 (alternative schools) と総称される。

人権意識の高い北欧では, 全体の1割を占めるマイノリティーの声が反映される社会を形成しようと努力している³⁵⁾。換言すれば, 全国一律の画一的な教育を施すことで“取りこぼし”が必ず生じることを配慮しているからである。日本の硬直化した学校制度の中で不登校やイジメなど歪みを生じているのは当然の帰結であり, 許容幅を設けないことは教育行政に不作為がある証拠だと言えよう。

海外に目を向けてみると, 米国は1980年以降, 代替学校を多く設置してきた国であり, 既存枠内で人種統合や質向上を目指し特色あるカリキュラムを持つマグネット・スクール (magnet school) が全米各地に設置された。次に1990年代に入ると, チャーター・スクール (charter school) の設置が始まった³⁵⁾。これは, 特定の目標を達成するために認可された実験校であるので, 存続が流動的となる弊害もあるが, 社会ニーズに即応できる利点もある。米国で誕生した生徒個人と自治を最大限に尊重するサドベリー (Sudbury) 校³⁶⁾をはじめとして, 米国へ輸入された世界各地で発達した学校 (ドイツのシュタイナー校やイタリアのモンテッソーリ校など) も設置されているだけでなく, 既設校の中でこれら代替プログラムがオプションとして設定されていることが多い。要するに教育プログラムに多様性を担保して, 選択の余地を設けている。これは民族の多様性に乏しいとは言え, 日本の画一化した学校現場で, 陰湿なイジメからの逃げ場がないまま, 子供たちが自殺へと追い込まれていく状況³⁷⁾とは, 雲泥の差があると言えるだろう。

ルドルフ・シュタイナー (1861-1925) は、オーストリア帝国に生まれた哲学者、兼芸術家で、ドイツを中心としたヨーロッパ各地で自由ヴァルドルフ学校 (シュタイナー学校と総称) を設置した。「授業を芸術の域まで高める」ことをモットーとし、試験はなく、成績評価もなく、管理者が生徒を落第させる仕組みもなく、教員の権利は平等で、学習者は教科書を学ぶのではなく、自分のノートを色鮮やかな作品に仕上げていく過程で生じる学びを利用する³⁸⁾。その立地条件から、二ヶ国語を学ぶことを視野に据えている。

マリア・モンテッソーリ (1870-1952) は 19 世紀末にローマ大学医学部を卒業し、障害児医療を経て幼児教育の分野へ傾倒してきた。特に 12 歳までに敏感期を迎え、シナプスが著しく増大する一方、使わないと消滅してしまうので、子供の成長が決定してしまうとしている。学習者像としては、「自律的であり、他者への思いやりを持ち、生涯学び続ける姿勢を持つ」ことを目指している³⁹⁾。

セレストアン・フレネ (1896-1966) は、南フランスを拠点とし、権威主義的な伝統教育に異を唱えた教育者で、校内で新聞を制作する活動を通じて子供たちの人間性を養うことで教育改革を進め、「もう教科書はいらない」あるいは「もう授業を止めよう」という過激なスローガンを掲げたので、当局から弾圧を受けてきた⁴⁰⁾。

新しい教育思潮に共通することは、子供たちから「生きる力」を引き出すことであり、驚き・感謝・感動・熱中・互助の精神を育むことであり、教育は単に知識を授ける行為だとする認識ではなく、「全人的な教育」(liberal arts) を目指していることがわかる。

これらの教育理念を今に引き継ぐ教育として国際バカロレア (IB, International Baccalaureate) がある⁴¹⁾。元々は、外交官の子女が親の転勤で国家間を移動した場合にも学校教育の課程で支障が生じないように標準化するため作られた制度で、その目標とする 10 通りの学習者像は表 4 に掲げる通りである。国際バカロレアはまた、思考や感情の保持のため母国語を保持しつつ、実質上の世界共通語である英語を学習媒体言語として使う。また国際バカロレア資格は、汎用の教育プログラムになっていないが、最も熟成した教育理念を掲げており、かつ世界の一流大学へ進学できる通行手形として近年、幅広く認知されてきている。

表 4 国際バカロレア (IB) が目標とする学習者像

オリジナルな記述	日本語訳
1) Inquirers	探究する人
2) Knowledgeable	知識を獲得できる人
3) Thinkers	思索する人
4) Communicators	分野を超え対話できる人
5) Principled	信念のある人
6) Open-minded	心を開ける人
7) Caring	思いやりがある人
8) Risk-takers	挑戦する人
9) Balanced	バランス感覚のある人
10) Reflective	振り返りできる人

注) 文部科学省のホームページから抜粋 (日本語訳は一部、改変した)。

4. 2 日本における「自由主義」教育の進展

日本にも幾多の革新的な教育者が生まれた歴史がある。古くは江戸末期、松下村塾で明治維新の志士たちを精神的に導いた吉田松陰 (1830-1859) や、『学問のすゝめ』を著し、慶応義塾大学を興した福澤諭吉 (1835-1901) がいる。しかし、明治以降の学制が整備された後、既存の学校教育の枠組みの中で斬新な教育改革を進めた人物として、鈴木達治 (1871-1961) がいた。

鈴木達治は愛媛県伊予三島に生まれ、同志社・ハリス理化学校で化学を学んだ (電気化学工業を専攻)。教歴としては、旧制第二高校 (東北大学)、広島高等師範学校 (広島大学教育学部) を経て、東京高等工業学校 (東京工業大学) 教授を経て、1920 年創立の横浜高等工業学校 (横浜国立大学工学部) の初代校長に就任すると、既存の学校の方針とは大きく異なる「無試験・無採点・無賞罰」を掲げ、「三無主義」教育を標榜した⁴²⁾。達治は庭先で過去の講義ノートを全て焼くと、自ら学生と直接、触れ合う機会を設け、初年度教育の場で自らの教育観を正しく伝えることから始めたとされる⁴³⁾。その結果、学生を集め自由闊達とした校風が築かれたが、創立 15 年を経て校長職を辞すると、校風は一変してしまった。

鈴木達治の教育観を引き継いだ教育者は基本的にはいない。達治自身、私学 (同志社) 出身であったが、官学にしか縁がなく、事業を興したいとする願望も実現しなかった。後に、神戸高等工業学校の広田精一が、僅か 1 人、達治の教育理念を受け私学 (東京電機大学) とオーム社を創立した⁴⁴⁾。しかし、「三無主義教育」の伝統が今日の日本社会の中に根づいている訳ではない。

以上は、工業高専のプロトタイプとも言える理工系学校での試みであるが無論、かつて「大日本帝国の贅沢品」と言わしめた日本の旧制高校 (学制改革により後に、大学に昇格) 群の流れにも各々、独自の教育理念の実践がなされていた記録が見られる⁴⁵⁾。

なお、初等・中等教育機関であれば、日本でも独自の教育理念の実践してきた少数派の私学が二、三、見られる (表 5 を参照)。

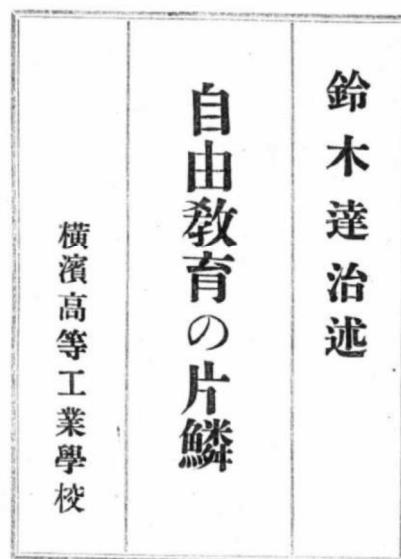


図 4 稀少本『自由教育の片鱗』の扉 (筆者所蔵)

表5 日本にある異質な校風を持つ学校 (廃校分も含む)

自由学園 (東京) 1921-, 幼稚園から大学まで擁する
トモエ学園 (東京) 1928-1963, 幼稚園から中学 (旧制)
文化学院 (東京) 1921-, 専門課程, 高等課程 (専修学校)
自由の森学園 (埼玉) 1985-, 中学, 高校 (寮を持つ)

かつて日本にあった、あるいは今なお現存する大半の学校と比べて明らかに異質な校風を持つ学校を、表5に一覧する。

トモエ学園は、小林宗作がリトミックによる情操教育を推進させ、著名人を輩出したが、空襲により校舎を焼失し一部、再建されたが、廃校となった⁴⁶⁾。特に、従来の型に嵌まった教育に馴染めない子(今で言う学習障害など、広義の発達障害児を含む)を受け入れる受け皿として機能したことは想像に難くない⁴⁶⁾。

自由学園は羽仁夫妻によってキリスト教精神に基づいて創立され、現在も幼稚園から大学までの学校法人を形成し、自治の精神で文部科学省の学習指導要領に捉われない独自の教育方法(例えば、酪農と収穫物による調理実習)を実践している⁴⁷⁾。文化学院は、大正デモクラシー(1910-20年代)の担い手であった文化人(与謝野晶子、与謝野鉄幹ら)が発起人になって創立された。その趣旨は時の学校令に捉われないことなく、一流人が芸術や学問を説くことを目指し、文部省の方針と異なったため補助金は一切なく、文化人たちの善意と創立者・西村伊作の個人資産で運営された⁴⁸⁾。初期の講師には菊池寛、川端康成、佐藤春夫、北原白秋、堀口大学、芥川龍之介、遠藤周作、高浜虚子、荻原朔太郎と続き、1930年代には、三木清、清水幾太郎、美濃部達吉が講師に加わった。文化人サロンを形成し、各界の最先端のプロが教壇に立っていたと言える。

わが国で、少数の学校とは言え、鈴木達治の横浜高工を含めて、自由教育を標榜し創立された時期は、1920年頃に集中している。大正年間(1912-1926)に政治・社会・文化の各方面で民主ないし自由主義が高まった時代と符合している(1923年、関東大震災)。

一方、自由の森学園⁴⁹⁻⁵⁰⁾創立は1985年で昭和末期、経済成長も一段落して、日本のバブル景気(1986-1992)前夜であり、その後は破竹の勢いでICT技術が進展していく(表6を参照)。

表6 ICT技術の進歩と連動した教育界への波級効果

1984年、Apple社により初代Macintosh発売された
1986年、DTP(desktop publishing)が提唱された
1988年、米国で商用インターネットが開放された
1995年、Windows95によりインターネットが普及した
1999年、携帯電話のインターネット接続を可能にした
2001年、Apple社が配信音楽を持ち歩く機器iPodを開発
2004年、日本初のインターネット利用の高校スタート
2004年、動画共有サイト、YouTube投稿がスタート
2006年、インターネット利用のカーン・アカデミー創立
2006年、携帯端末を利用する通信制高校スタート
2007年、Apple社がスマートフォンのiPhoneを発表
2010年、Apple社がタブレット端末のiPadを発表
2012年、大学講義を世界へ公開するedXスタート

5. 新時代の教育方策

5.1 ICT技術が牽引する教育イノベーション

誰もが共通して修得しておくべき基礎学力の育成に関しては、単調ではあるが、個人が苦手箇所を克服するため集中して取り組めるインターネットを利用した自学自習システム(eラーニング)が最適である。Moodle(オブジェクト指向ダイナミック学習環境)を使った物理学のコースを丁寧に学習した本校の学生が学力到達度試験で首位に立てたと聞く、優れた実証例がある(惣中、私信)。

英語学習にもアルク社が開発した“NetAcademy 2”が導入され、全国で400校の教育機関で採用され、公称50万人が利用していると言われている(アルク教育社の公式サイト調べ)。

通信制高校でも、古くはNHK学園の通信高校講座など、テレビ放送を視聴することが前提であったが、インターネットが整備されてから個人単位で基礎学力を身につける作業が便利になった。

リクルート社出身の日野公三は、2004年、インターネットを利用して在宅学習をする株式会社(アットマーク・ラーニング社)立のアットマーク国際高等学校を石川県内に教育特区(内閣府及び文科省認定)を設け、日本で始めて開設した。日野は、インターネットの普及を幕末期に現われた米国の「黒船」に、eラーニングを教育界の「開国」に喩えている。そこでは、一斉授業の弊害を克服するだけでなく、学級崩壊や不登校にも対処可能⁵¹⁾としている。

2年後、ソフトバンク系の桃井隆良(ルネサンス・アカデミー社)は、ルネサンス高等学校を茨城県大子町の教育特区に開校し、通信事業リソースを駆使し携帯端末で生徒がわかるようになるまで課題に再挑戦する学習システムを開発した(同社公式サイト調べ)。これは従来の試験が、点数で人間を篩い分けすることを目的化してしまっている側面を是正する方策を示した点でも、画期的である。試験による序列化を廃する方向性はインターネットの夜明け直前、自由の森学園が掲げた目標であり、ルネサンス・アカデミーの方策は(既存の学校が取りこぼしてきた)生徒のセイフティー・ネットとなるに留まらず、教育の原点に回帰したことの意義は大きい。

同じ2006年、米国のシリコン・バレーではサルマン・カーンがカーン・アカデミーを創設し、たった1人の生徒から始めたネット上の学校の規模が2012年半ばには600万人以上に膨れ上がった。これは、国際標準語である英語を学習媒体言語とし、YouTubeで無償公開したことの効果である。彼の始めた事業は、ビル・ゲイツ(マイクロソフト会長)やクリス・アンダーソン(TEDのキュレーター)から財政支援を受け運営され、幼児から大学生まで3,000件を超す動画レッスンをアップロードし、1億4千万回以上も視聴され、猛スピードで急成長する教育組織体へと育っている⁵²⁾。

既存の学校の教育効率は高いとは言えない。2002年に新学習指導要領が施行されるに当たって作られた冊子の中で「7・5・3」の経験則(半分程度しか理解できない生徒の割合を高校で7割、中学で5割、小学校で3割)の存在を、文科省も認めた⁵³⁾。これは、一斉授業の教室では、実在しない架空の学習者の平均像を想定して集合授業を強行しなければならぬ宿命なので、学年が上がるほど学習内容を理解できる率が低下していくのも当然の帰結であろう。

2008年、クレイトン・クリステンセンは、『教育×破壊的イノベーション』⁵⁴⁾という著書を発表した。原題は、“Disrupting Class”で直訳すれば、「授業（または教室）を壊す」の意であるが、学校教育が沈滞していることの要因を分析して、対策を提言している。クリステンセンが提起した主要な論点は、以下の通りである：

- 1) 人によって学びは違うはずなのに、なぜ学校は教え方を柔軟に変えられないのか？
- 2) 現在の「工場モデル」型の学校で、個別対応することは実現できないだろうか？
- 3) 画一化した教授方式から、生徒中心の学びを実現させることはできないだろうか？

クリステンセンはコンピュータ・ベースの学習（eラーニング）を適切に導入すれば、学習コンテンツを好きな時に、好きな場所で、好みの順序で各自バラバラに学習を進めていくようになるだろうと予測している。結果として教員の立ち位置は教える“マシーン”としての講師役から解放され、個々の生徒の“コーチ”役として個別指導の使命を担うことが可能となる⁵⁵⁾のである。図5では、ICT技術の進歩によって引き起こされる教育イノベーションの前後で予想される、“学びのカタチ”の変遷を模式的に表している。

5.2 交流・体験ベースのプロジェクト学習

基礎学力の付与をICT技術に任せた結果、各教員のリソースは個別指導へ傾注することが実現する。これは、高専の大半の教員が博士号（少なくとも修士号を）所持しているため、従来の一斉授業ではその真価を発揮する場面はなかったと言っても過言ではない。高校までの学習指導要領で規定された内容を逸脱して、個々の学生の知的好奇心に応えていく目的で、本来の教育力が発揮できるとともに学生の、ひいては社会のニーズに応える研究が志向できる。

eラーニングによる自学自習システムが確立した暁には、教員に本来の能力に相応しい役割が、以下のごとく浮き彫りになる。

- 1) 教室で学生同士（教員を交えて）ディスカッションする。
- 2) 実験室で、実験や観察、設計及び創作活動などを行う。
- 3) 野外や街角で、実験や観察、聞き取り調査などを行う。

とりわけ一斉授業では折角、学生が各地から交通費を掛けて登校して交わっているのに黙って同一の授業を聞くだけでは、全く無益だけでなく精神衛生上も好ましくない。学生同士で私語を交わしたくなるのは、当然過ぎるほど健全な反応である。そのエネルギーを

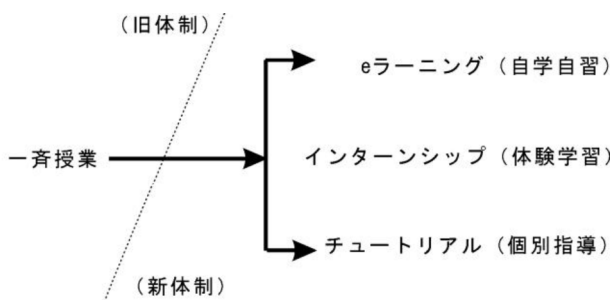


図5 教育イノベーション前後の学習形態の変化

学生同士、あるいは教員を交えた討議の時間に回すことができる。特に、理工系では実験や観察、野外調査で得たデータを伴う論理的な思考能力の育成が肝要である。聞くだけの一斉授業は、受講者を“受け身”態勢に固定化してしまうため、“学び方を学ぶ”という肝心の機会¹⁰⁾を喪失する原因になっている。それを是正する手が仮説を立てて論証していくというプロセスで、それを具現化した一つの理科教育に板倉聖宣（物理学）の“仮説実験授業”がある⁵⁶⁾。

一方、実物に触れてみるという体験が理科、特に生物学や地学で重要という考え方から、山田卓三（生物学）らは“原体験教育”と称して、経験レベルの学び⁵⁷⁾の持つ重要性を喚起している。

討論から野外活動まで、これらのオプションは学習者らの内発的動機づけを強化し、知的好奇心を高める、すなわちファシリテートする役割⁵⁸⁾を果たすように変貌する。一度、学習者の心に好奇心の火が灯れば、あとは流れ（フロー）に乗る²⁹⁾ので各教員は専門分野ごとに助言者としてのコーチング活動に徹すれば良い。

6. おわりに—教育ルネサンスへ—

過去の学校教育は、生身の人間を1枚の成績一覧表に置き換え、合否判定も数値という基準を設け、機械的に処置してきた。まさに工業で製品を作るがごとく振る舞いである。基準に満たさなければ教授陣が評価基準を再検討するのではなく、学生側を裁いてきた。まさに工場における品質検査の延長である。これまでは何とか経済成長時代を切り抜けてきたが、これからの50年はモノづくりからヒトづくりへの教育復興（ルネサンス）が必要不可欠であろう。

「知ること」と「考えること」は氷炭相容れないとエッセイストの外山滋比古は指摘する⁵⁹⁾。また、心理学者のキャロル・ドゥエックは人間のマインドセットが固定的（fixed）か可塑的（flexible）かによって、人生の運命軌道が分岐することを示唆している⁶⁰⁾。

社会を変えていくのは、並大抵のことではない。しかし、制度疲労は構造的な欠陥なので、改革は待ったなしである。その着手が遅れば遅れた分、被害は拡大する。教員の1年間と学生の1年間は物理的に同じでも、成長する機会としては同等でないからである。教育ルネサンスへと通じる外的条件は、既に整ってきているのだ。

引用文献

- 1) 福田誠治：こうすれば日本の学力世界一—フィンランドから本物の教育を考える，朝日新聞出版（2011）
- 2) OECD（渡辺良監訳）：PISAから見る，できる国・頑張る国・トップを目指す教育，明石書店（2011）
- 3) 吉田新一郎：効果10倍の教える技術，PHP研究所（2008）
- 4) 荒木光彦：技術者の姿—技術立国を支える高専卒業生たち，世界思想社（2007）
- 5) 佐々木章太：なぜ高専の就職率は「100%」なの？ 文芸社（2006）
- 6) M.ウエーバー（尾高邦雄訳）：職業としての学問，岩波書店
- 7) 内田樹：街場の教育論，ミシマ社（2008）
- 8) 太田隆次：アメリカを救った人事革命・コンピテンシー，経営書院（1999）

- 9) D.S.ライチェン, L.H.サルガニク (立田慶裕監訳): キー・コンピテンシー-国際標準の学力をめざして, 明石書店 (2006)
- 10) 里見実: 学ぶことを学ぶ, 太郎次郎社 (2001)
- 11) C. Peterson, S.F. Maier and M.E.P. Seligman: Learned helplessness- A theory for the age of personal control, Oxford University Press (1995)
- 12) 川上真史: 会社を変える社員はどこにいるか-ビジネスを生み出す人材を育てる方法, ダイヤモンド社 (2003)
- 13) 天外伺朗: 人材は「不良社員」からさがせ-奇跡を生む「燃える集団」の秘密, 講談社 (2011)
- 14) M.E.P. Seligman: Learned optimism- How to change your mind and your life, Poket Books, New York (1990)
- 15) M. James and A. Pollard: Principles for effective pedagogy- International responses to evidence from the UK teaching & learning research programme, Routledge (2011)
- 16) 実川真由・実川元子: 受けてみたフィンランドの教育, 文藝春秋 (2007)
- 17) 小笠原喜康: 学力問題のウソ-なぜ日本の学力は低いのか, PHP 研究所 (2008)
- 18) OECD 教育研究革新センター (立田慶裕監訳): 教育のトレンド 2-図表でみる世界の潮流と教育の課題, 明石書店 (2011)
- 19) 藤澤伸介: ごまかし勉強・上-学力低下を助長するシステム, 新曜社 (2002)
- 20) A. オリヴェリオ: メタ認知的アプローチによる学ぶ技術, 創元社 (2005)
- 21) 瀧本哲史: 僕は君たちに武器を配りたい, 講談社 (2011)
- 22) 三宮真智子: メタ認知-学習力を支える高次認知機能, 北大路書房 (2008)
- 23) R.C. シャンク (渕一博監訳): 考えるコンピュータ-人間の脳に近づく機械, ダイヤモンド社 (1985)
- 24) R.C. シャンク (長尾確・長尾加寿恵訳): 人はなぜ話すのか-知能と記憶のメカニズム, 白揚社 (1996)
- 25) R.C. シャンク (黒川利明・黒川容子訳): ダイナミック・メモリ-認知科学的アプローチ, 近代科学社 (1988)
- 26) 畑村洋太郎: みる わかる 伝える, 講談社 (2008)
- 27) 畑村洋太郎: 畑村式「わかる」技術, 講談社 (2005)
- 28) 寺脇研: それでも、ゆとり教育は間違っていない, 扶桑社 (2007)
- 29) 天外伺朗: 「生きる力」の強い子を育てる-人生を切り拓く「たくましさ」を伸ばすために, 飛鳥新社 (2011)
- 30) 福田誠治: 競争しても学力行き止まり-イギリス教育の失敗とフィンランドの成功, 朝日新聞社 (2007)
- 31) 川上真史・齋藤亮三: できる人, 採れてますか?-いまの面接で、「できる人」は見抜けない, 弘文堂 (2004)
- 32) 日本経済団体連合会: これからの教育の方向性に関する提言, 2005年1月18日
<<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/003/honbun.html#part23>> on 20/05/2012 accessed.
- 33) 恩蔵直人: コモディティ化市場のマーケティング論理, 有斐閣 (2007)
- 34) 林言行: ジョブズは何も発明せずにすべてを生み出した, 青春出版社 (2012)
- 35) 永田佳之: オルタナティブ教育-国際比較に見る21世紀の学校づくり, 新評論社 (2005)
- 36) D. リーンバーク (大沼安史訳): 世界-素敵な学校-サドベリー・バレー物語, 緑風出版 (2006)
- 37) 共同通信大阪社会部: 大津中2いじめ自殺-学校はなぜ目を背けたのか, PHP 研究所 (2013)
- 38) R. ケリードー (佐々木正人訳): シュタイナー教育の創造性, 小学館 (1990)
- 39) 永江誠司: 世界-の子ども教育モンテッソーリー-12歳までに脳を賢く優しく育てる方法, 講談社 (2010)
- 40) S. フレネ (石川慶子・若狭蔵之助訳): フレネ-フランスの現代教育, 明治図書 (1979)
- 41) 相良憲昭・石村清則・橋本八重子・吉田孝: 国際バカロレア-世界が認める卓越した教育プログラム, 明石書店 (2007)
- 42) 鈴木達治: 自由教育の片鱗 (非売品), 横浜高等工業学校 (1933)
- 43) 前田一男: 鈴木達治の自由教育観とその実践-横浜高等校病学校の三無主義教育-, 市史研究「よこはま」第4号 (1990)
- 44) 小野健司: 楽しい教育史-自分の発想の自由を確保するために- (私家本), よつば書房, 徳島市 (2011)
- 45) 吉松安弘: 旧制高等学校生の青春彷徨-旧制府立 (都立) 高等学校の昭和時代-, 彩流社 (2012)
- 46) 黒柳徹子: 窓ぎわのトットちゃん (新装版), 講談社 (2006)
- 47) 羽仁進: 自由学園物語, 講談社 (1984)
- 48) 加藤百合: 大正の夢の設計家-西村伊作と文化学院, 朝日新聞社 (1990)
- 49) 自由の森学園出版プロジェクト: 学校をつくりつづける-自由の森学園の人と空間-, 桐書房 (2009)
- 50) 遠藤豊: 自由の森学園-その教育 (上) 人間の教育の形成と発展, コスモヒルズ (1995)
- 51) 日野公三: インターネット教育革命, PHP 研究所 (1999)
- 52) S. カーン: 世界はひとつの教室-学び×テクノロジーが起こすイノベーション, ダイヤモンド社 (2013)
- 53) 吉田新一郎: いい学校の選び方-子どものニーズにどう応えるか, 中央公論新社 (2004)
- 54) C. クリステンセン (櫻井祐子訳): 教育×破壊的イノベーション-教育現場を抜本的に改革する, 翔泳社 (2008)
- 55) 日野公三: ティーチングからコーチングへ-教育改革に挑むネットスクール, ビー・エヌ・エヌ新社 (2002)
- 56) 板倉聖宣・上廻昭・庄司和晃: 仮説実験授業の誕生-1963-64 論文集, 仮説社 (1989)
- 57) 今堀宏三・山極隆・山田卓三: 生物観察実験ハンドブック (新装版), 朝倉書店 (2005)
- 58) 赤池学・金谷年展・中雄政幸: 心に火をつける人, 消す人, TBSブリタニカ (2000)
- 59) 外山滋比古: 考えるとはどういうことか, 集英社 (2012)
- 60) C.S.ドゥエック (今西康子訳): 「やればできる!」の研究-能力を開花させるマインドセットの力, 草思社 (2008)

建物と地盤の動的相互作用解析におけるスウェイ・ロッキングモデルに関する考察

(建築学科) 泉 洋輔

Study on The Sway-Rocking Model for Soil-Structure Interaction Analysis

(Department of Architecture and Structural Engineering) Yosuke IZUMI

Abstract

In ordinary structural design practice, the seismic load is calculated by fixed-base condition based on the notification of Building Standard Law in Japan. However, building structures are actually constructed on a stiff and/or flexible soil, they are affected on soil-structure interaction (SSI) effect. The SSI effect is consist of two phenomena, i.e. “inertial interaction” and “kinematic interaction”. The natural period of building structure and the damping is changed by former phenomena, and the input-loss to structure during earthquake is appeared in latter phenomena. A finite element method (FEM) analysis or a sway-rocking (SR) model is generally used to consider this SSI effect. It is necessary that free ground analysis, impedance analysis and foundation input analysis for the construction of the SR model. The objective of this study is to describe a characteristic of a SR model.

Key Words : soil-structure interaction, sway-rocking model, impedance, damping, foundation input motion

地盤と建物の動的相互作用, スウェイ・ロッキングモデル, 地盤ばね, 減衰, 基礎入力動

§ 1 はじめに

建物と地盤との動的相互作用 (Soil-Structure Interaction, 以下 SSI) は, 地震時において建物からの慣性力によって基礎に変位が生じる「慣性の相互作用」と, 建物への入力地震動が基礎・地下階などの根入れ深さなどの影響で地表面のそれと異なる「入力の相互作用」の2つの異なる現象から成る¹⁾²⁾. 慣性の相互作用では, 1) 建物が地盤に支持されることによる系の固有周期の長周期化, 2) 地盤への逸散減衰による系の減衰の変化が, 一方, 入力の相互作用では, 3) 基礎が存在することによる入力地震動の低減, の影響を建物は受けることになる. また, 地震時における杭応力については, 上部構造物からの慣性力が杭頭集中荷重として作用することによって生じる応力 (慣性の相互作用) と, 地盤変位による応力 (入力の相互作用) が合成された状態となる.

さて, 建物の耐震解析に SSI を考慮する場合の解析手法には, 主として有限要素法を用いた建物と地盤を一体とした系として計算する「一体解法」と, 系全体をいくつかの部分構造に分解して計算する「部分解法」の2つの方法¹⁾がある. 本論で対象とするスウェイ・ロッキングモデル (以下 SR モデル) は, 「部分解法」に分類される解析モデルである. この SR モデルは, 図 1.1 に示すように全体系を, (A) 上部構造系と (B) 基礎-地盤系とに分解する. このとき後者での基礎を無質量・剛基礎とし, 基礎質量は上部構造系で考慮する. 基礎-地盤系はさらに, (1) 自由地盤の解析, (2) インピーダンスおよび (3) 基礎入力動の解析, に分解される. 自由地盤の解析では, 実務においては 1 次元等価線形解析 (以下 SHAKE) を用いて, 各地層の非線形特性に基づいた弾性時から変化したせん断波速度 (あるいはせん断弾性係数) および減衰定数や地表面加速度波形などの情報を得る. インピーダンスおよび基礎入力動の解析は, SSI 問題における基本物理量となる重要なものであるが, その

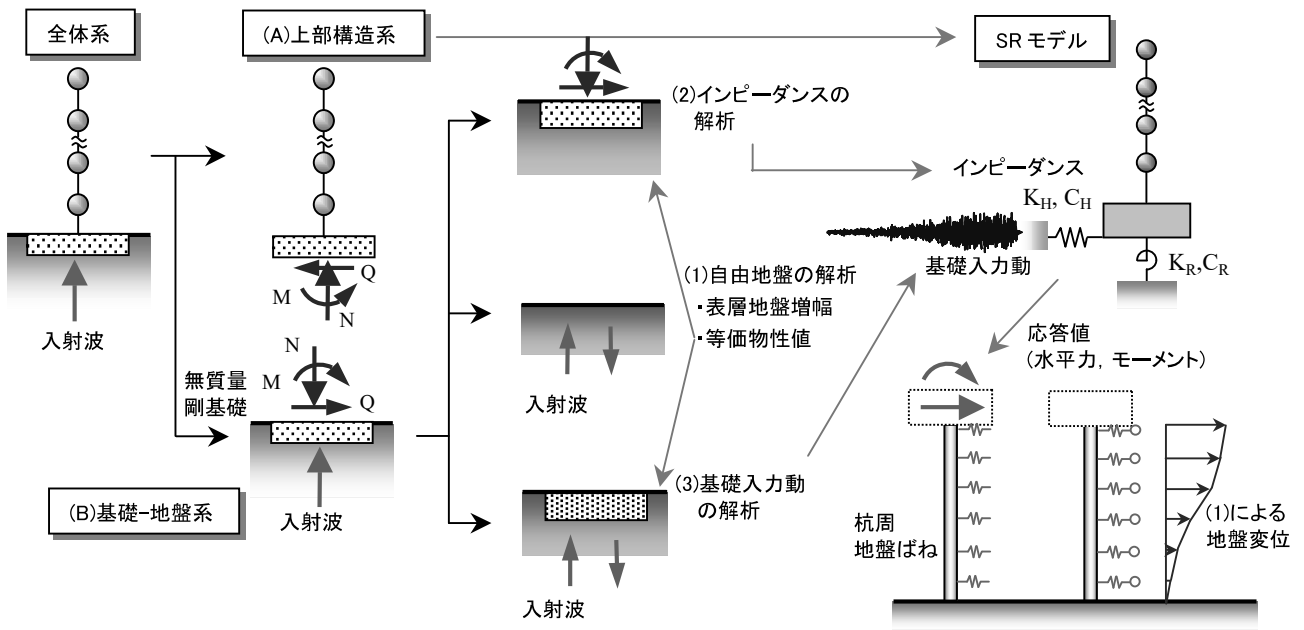


図 1.1 全体系の分解と設計モデルの関係

算定には自由地盤の解析結果から得られたせん断波速度および減衰定数を用いて設定した地盤について算定される。このようにして設定された SR モデルは、上部構造の応答解析が市販の解析プログラムを利用できるメリットがあり、実務設計に適したものである。さらに、この SR モデルの応答解析結果で得られるスウェイばねの最大水平力およびロッキングばねの最大モーメントは、杭基礎の耐震計算用として杭頭に作用させる外力となる。また、地盤の変位を考慮する必要がある場合には、自由地盤の解析で求まる地盤の最大相対変位を用いて応答変位法を適用することができる。

本報告は、建物と地盤の動的相互作用解析を行う上で、実務設計上最も有効な解析モデルである SR モデルについて考察を行うものである。

§ 2 自由地盤の解析

自由地盤の解析における地盤モデルは成層水平地盤が仮定されるが、図 2.1 に示すように、SSI 解析における地盤のモデルには 4 種類が考えられる。図中、 V_s : せん断波速度、 h : 減衰定数、 ρ : 質量密度、 ν : ポアソン比である。同図(b)は実際の建設地で見られるように種々の地層が互層となったものであり、ボーリング調査結果から作成される。(c)は(b)の多層地盤を等価な 1 層地盤に置換し、工学的基盤を考慮して 2 層としたものに相当す

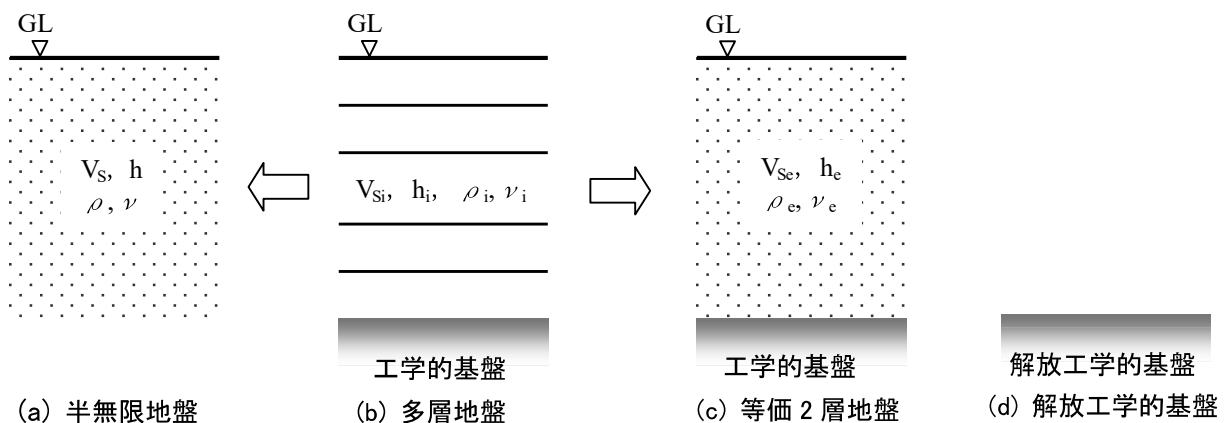


図 2.1 種々の地盤モデル

るモデルであり、限界耐力計算の表層地盤の増幅率を精算する場合がこれに相当する。(a)は半無限地盤であり、(c)の2層地盤において表層地盤の層厚を無限大としたもので、工学的基盤を設定しない理想化したモデルである。多層地盤を半無限地盤に置換するためには、その影響を考慮する必要がある。(d)の解放工学的基盤は、(b)あるいは(c)の工学的基盤より上の表層地盤を取り除いたもので、主として入力地震動の定義に利用されるものである。

実際の自由地盤の解析においては、主として(b)の多層地盤を対象とするが各地層の土質種別(粘性土と砂質土)ごとに非線形特性(剛性低下率 G/G_0 —せん断歪 γ , 等価減衰定数 h —せん断歪 γ 関係)を設定し、地震入力により弾性状態から変化した物性値の情報を得ることが主目的となる。土の非線形特性は、理想的には建設地位置で採取された試料から動的変形試験により決定されるものであるが、現実的には種々提案されているモデルを利用するのが一般的である。既往の提案された非線形特性モデルに関しては文献2の pp.52~57が参考になる。また、実務的な解析プログラムとしてSHAKEが多用されているが、この解析から得られる情報としては、各地層での応答加速度時刻歴波形や、深さ方向の最大加速度、最大相対変位、せん断波速度、減衰定数、せん断弾性係数の低下率などである。これらの出力結果のなかで、インピーダンス解析、基礎入力動の解析においては、この自由地盤の解析で得られた各地層のせん断波速度、減衰定数、地表面の加速度時刻歴波形が用いられるため特に重要となる。なお、自由地盤の地震応答解析を実務的な観点から詳細に記述された参考書として例えば文献3がある。

§3 インピーダンスの解析

インピーダンスは、地盤ばね、動的地盤ばねなどと呼ばれる物理量であり、実数部と虚数部で表現され振動数に依存する特性を有する。特に、振動数が0の時のインピーダンスは「静的地盤ばね」と呼ばれ、半無限地盤上の円形基礎に対する静的地盤ばねに関しては表3.1に示すような解析解が求められている。表中の剛板分布、一様分布は、解析における基礎下の応力分布の仮定を示している。この地盤ばねを多層地盤に適用するには、半無限地盤に置換する必要があるが、それには田治見の補正方法⁴⁾が用いられてきている。

表 3.1 円形基礎の静的地盤ばね⁵⁾

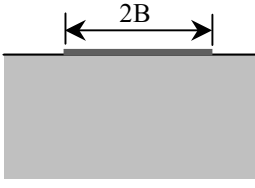
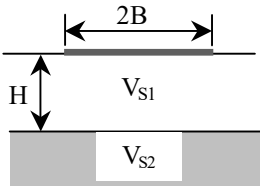
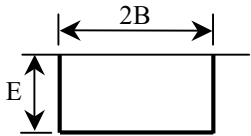
	上下	水平	回転
剛板分布	$\frac{4rG}{1-\nu}$	$\frac{8rG}{2-\nu}$	$\frac{8r^3G}{3(1-\nu)}$
一様分布	$\frac{\pi rG}{1-\nu}$	$\frac{2\pi rG}{2-\nu}$	$\frac{\pi r^3G}{2(1-\nu)}$

r : 基礎半径, G : 地盤のせん断弾性係数, ν : 地盤のポアソン比

多層地盤を対象とした精密な解析には、薄層法や軸対称有限要素法が用いられるが、これらの解析での地盤の物性値(せん断波速度、等価減衰定数)は、前述したように自由地盤の応答解析結果を用いることになる。解析方向としては、上下方向、水平方向および回転方向の3成分が主として算出される。専用の解析プログラムがない場合には、文献1付録のFDデータ、文献2および文献6付録の解析プログラムが利用できる。

以下では、表3.2に示すような地盤モデルの違いによってインピーダンスと減衰定数の振動数依存特性を文献1のデータをプロットしたものから考察する。ここでは、水平および回転成分のみを表示する。

表 3.2 地盤・基礎条件

地盤	半無限地盤	2層地盤	半無限地盤
基礎条件			
基礎条件	地表面正方形	地表面正方形	埋込み正方形
ポアソン比 ν	0.3, 0.4, 0.5	0.4	0.4
地盤減衰 h	0.0	H/B=0.5,1.0 : 0.02 H/B=∞ : 0.0	0.02
埋込み深さ E/B	—	—	0.1, 0.5, 1.0
S波速度比 V_{S1}/V_{S2}	—	0.5	—
表層地盤厚 H/B	—	∞, 0.5, 1.0	—

2層地盤の H/B=∞は、半無限地盤地表面基礎と同一条件のものである。

SSI 問題においてインピーダンスの減衰定数は次式によって評価される。

$$h = \sin\left\{\frac{1}{2} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{K'}{K}\right)\right\} \tag{3.1}$$

上式は以下のようにして誘導される。インピーダンスの減衰定数は、図 3.1 に示すばねとダッシュポットが並列した Voigt モデルによって算定される。複素剛性（実部：K，虚部 K'）をもつ 1 質点系の自由振動方程式は次式となる。

$$m\ddot{x} + (K + iK')x = 0 \tag{3.2}$$

上式の式を $x = e^{\lambda t}$ とおくと、固有値方程式は次式となる。

$$\begin{aligned} m\lambda^2 + (K + iK') &= m\lambda^2 + \sqrt{K^2 + K'^2} \left(\frac{K}{\sqrt{K^2 + K'^2}} + i \frac{K'}{\sqrt{K^2 + K'^2}} \right) \\ &= m\lambda^2 + \sqrt{K^2 + K'^2} (\cos 2\phi + i \sin 2\phi) \\ &= m\lambda^2 + K^* \exp(i2\phi) = 0 \end{aligned} \tag{3.3}$$

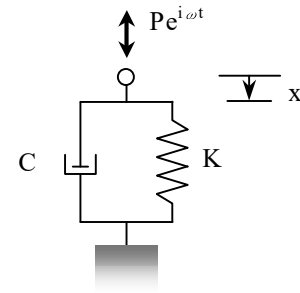


図 3.1 Voigt モデル

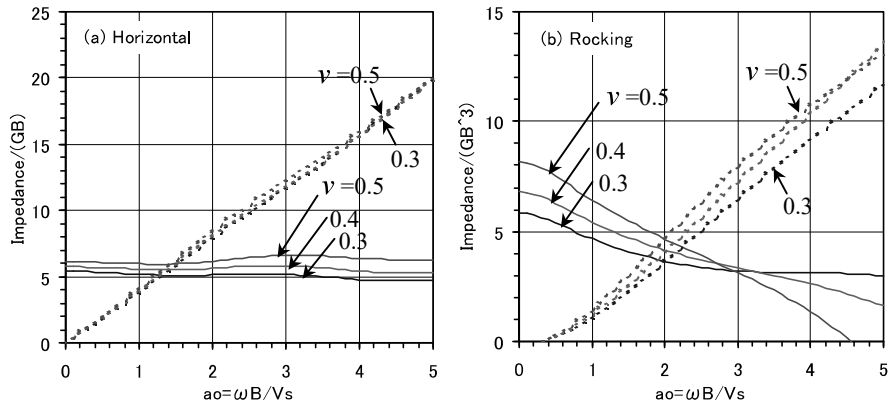
ここで、 $K^* = \sqrt{K^2 + K'^2}$ ， $\phi = \frac{1}{2} \tan^{-1}\left(\frac{K'}{K}\right)$

固有値 λ は、式(3.3)より次式となる。

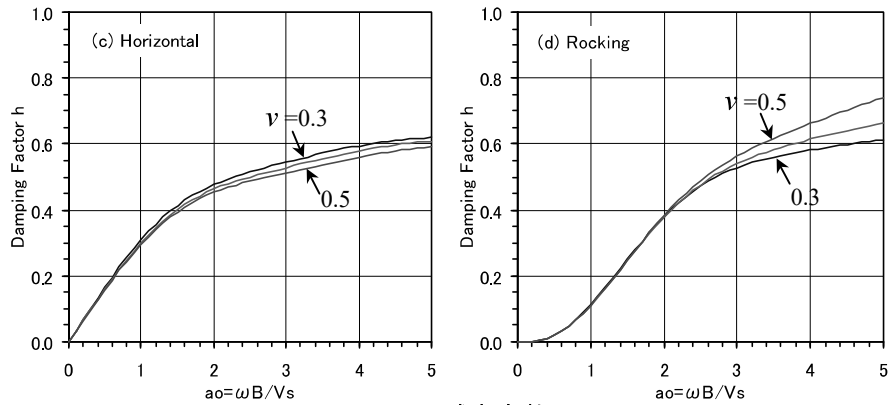
$$\lambda = i \sqrt{\frac{K^*}{m}} \exp(i2\phi \cdot \frac{1}{2}) = i\omega_0^* \exp(i\phi) = \omega_0^* (-\sin \phi + i \cos \phi) \tag{3.4}$$

ここで、 $\omega_0^* = \sqrt{K^*/m}$

これより減衰定数をあらわす次式を計算すると式(3.1)となる。

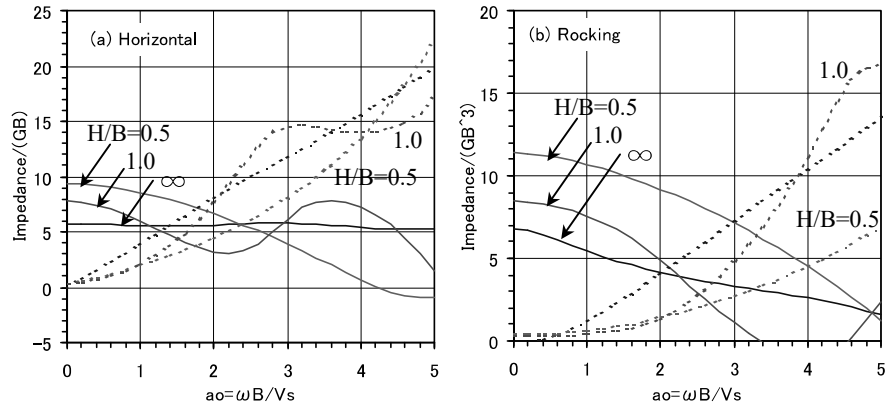


(A) インピーダンス (実線: 実部, 破線: 虚部)

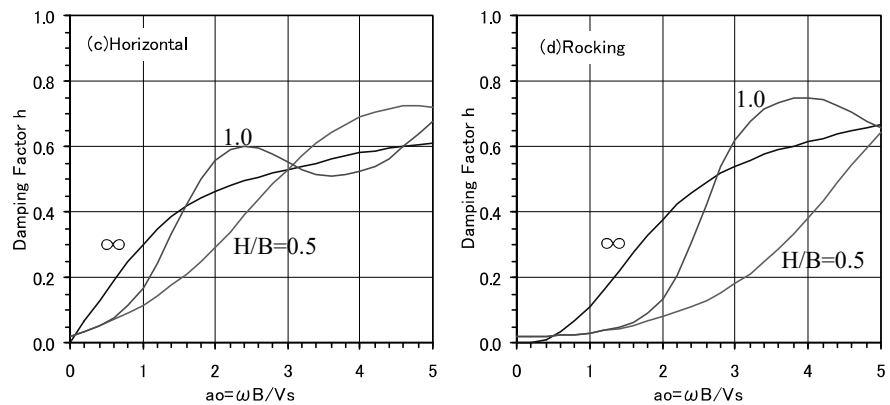


(B) 減衰定数

図 3.2 半無限地盤上の正方形剛基礎のインピーダンスと減衰定数



(A) インピーダンス (実線: 実部, 破線: 虚部)



(B) 減衰定数

図 3.3 2層地盤上の正方形剛基礎のインピーダンスと減衰定数

$$h = \frac{-\text{Re}(\lambda)}{\sqrt{(\text{Re}(\lambda))^2 + (\text{Im}(\lambda))^2}} = \frac{\sin \phi}{\sqrt{\sin^2 \phi + \cos^2 \phi}} = \sin \phi = \sin \left\{ \frac{1}{2} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{K'}{K} \right) \right\} \quad (3.5)$$

図 3.1 に半無限地盤上の正方形剛基礎, 図 3.2 に 2 層地盤上の正方形剛基礎のインピーダンスと減衰定数を示す. 各グラフとも横軸は無次元振動数 $a_0 = \omega B / V_s$ で表されている. プロットした図を見ると全般的に, インピーダンスの実部は振動数の増加とともに減少し, 虚部は増加する傾向を示す. また, 減衰定数は無次元振動数と共に増加する傾向を示し, 低振動数域では水平成分では線形の依存性を示しているが, 回転成分は低振動数域で水平成分に比べてわずかな減衰定数しか示さないのが特徴的である. この特性は, 限界耐力計算においても水平方向と回転方向の地盤ばねの減衰定数の振動数依存性に考慮されている. また, せん断波速度 V_s が小さく地盤が柔らかいほど, 振動数が高く基礎寸法が大きいほど, 逸散減衰は大きくなる傾向にある. 図 3.3 では, 基礎深さを浅くすると, 低振動数域での減衰効果が減少することがわかる. したがって, 低振動数域では地盤材料の有する内部減衰が重要となり, 特に回転成分ではその傾向が顕著となる.

以上までは, 地表面上の基礎に関するインピーダンスであるが, 実際の建物の基礎は地盤中に埋込まれるのが通常である. 図 3.4 には半無限地盤内の埋込み正方形剛基礎のインピーダンスと減衰定数を示している. これによると, 埋込みが深くなるほどインピーダンスの回転方向は側面の抵抗により大きくなり, また, 減衰効果は増大する傾向を示している.

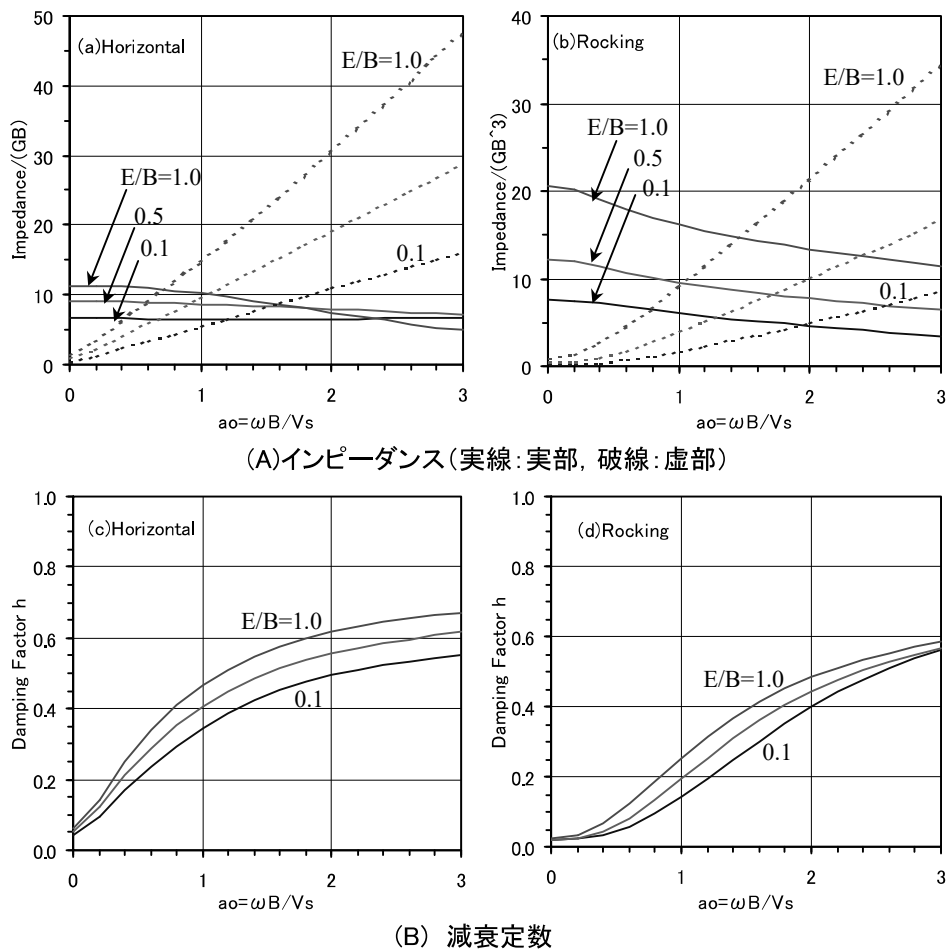


図 3.4 半無限地盤内の埋込み正方形剛基礎のインピーダンスと減衰定数

一方, 限界耐力計算では, 図 3.5(a)に示すように埋込み基礎を, 基礎底位置で地表面上の直接基礎とみなした

水平および回転方向の地盤ばね（同図(b)）と、側面地盤のみの場合の水平および回転方向の地盤ばね同図(c)）とを足し合わせた値を埋込み基礎の地盤ばねとして評価する方法⁷⁾がとられている。

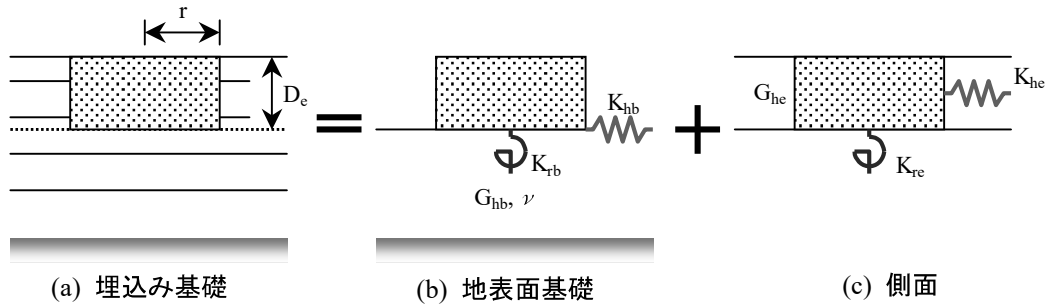


図 3.5 埋込み基礎の考え方

以上のインピーダンスを基礎部分に付加した SR モデルを設定し、固有値解析によって建物と地盤の連成系としての固有周期が算定される。このとき、静的地盤ばねを採用する方法と、振動数の依存性を考慮して連成系固有周期が収束するまで地盤ばねを変化させる方法がある。

§ 4 基礎入力動の解析

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、自由地盤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。これは入力の相互作用である「入力損失」と呼ばれる現象であり、この時の入力地震動は「基礎有効入力動」あるいは「基礎入力動」と呼ばれる。

精密な解析には、薄層法や軸対称有限要素法が用いられる。この解析においては、地盤の物性値（せん断波速度 V_s 、減衰定数 h) は、弾性時の値ではなく自由地盤の応答解析結果を用いることになる。この精密な解析手法を用いる場合は、①自由地盤地表面に対する無質量剛基礎の伝達関数（複素数）の計算、②自由地盤の地震応答解析で得られた地表面の応答加速度時刻歴波形のフーリエ変換値（複素数）、③前ステップ①と②で得られた結果を乗じたものを逆フーリエ変換する、の手順でスウェイばね位置での入力となる加速度時刻歴波形を作成することになる。

ここで、図 4.1 に示すような 2 層地盤¹⁾を対象として直接基礎および杭基礎の埋込み深さが基礎入力動に及ぼす影響について検討した結果を示す。杭基礎の場合は、6×6 本の杭配置としている。伝達関数の計算には、エネルギー伝達境界を有する軸対称有限要素法を用いた。なお、この地盤モデルの 1 次固有周期は、 $T=4H/V_s= 4 \times 20/100=0.8 \text{ s}(1.25\text{Hz})$ である。

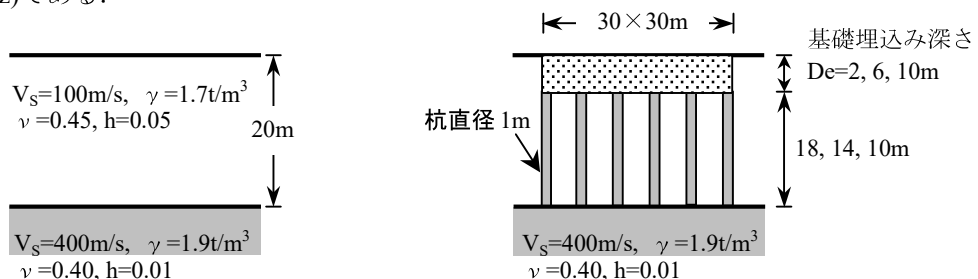


図 4.1 2 層地盤モデルおよび基礎の諸元

図 4.2 に基礎入力動の水平方向の伝達関数（絶対値）を直接基礎と杭基礎の比較として示す。これより、1) 直接基礎と杭基礎の水平方向の伝達関数はほぼ同一の性状を示す、2) 基礎の埋込み深さが大きくなるほど、また、高振動数になるほど入力損失は大きくなる、3) 地盤の固有振動数付近では伝達関数が谷（図中の矢印）となっ

ており、地盤の固有振動数で共振する地盤の応答を基礎が拘束している、などの知見が得られる。

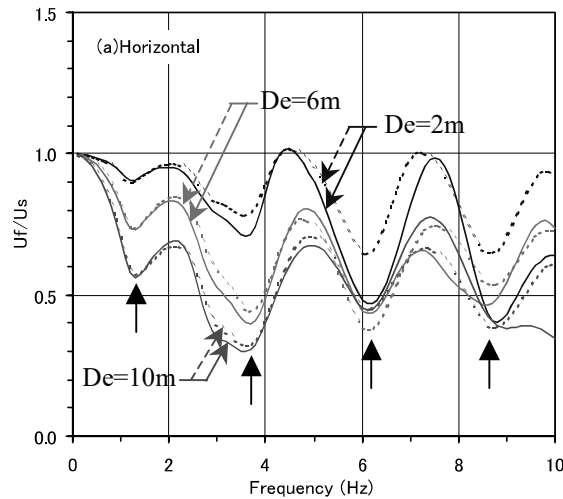
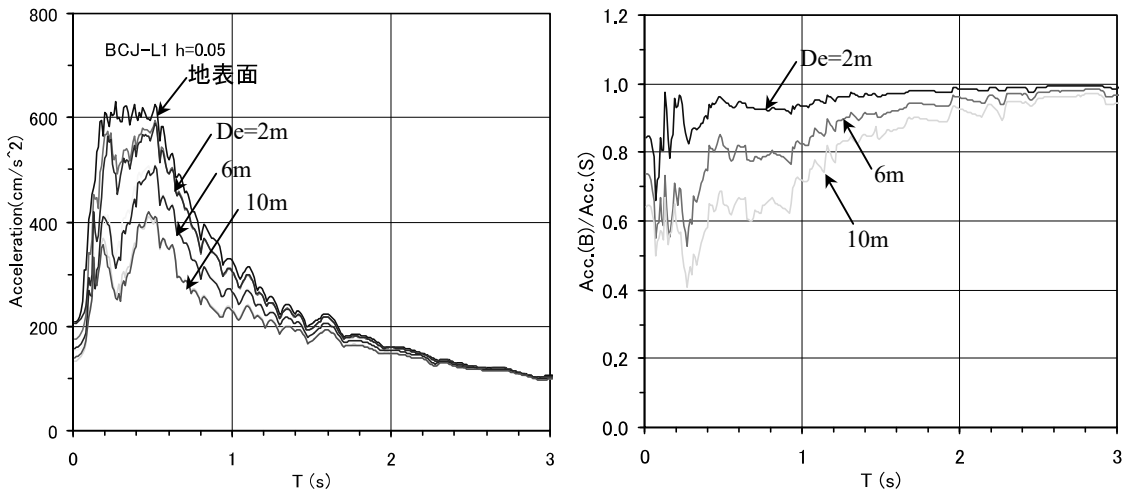


図 4.2 2層地盤の基礎入力動の水平方向の伝達関数(実線:杭基礎, 破線:直接基礎)

次に、スウェイばね位置での入力となる基礎入力動の加速度波形を作成する。ここでは、自由地盤地表面での加速度波形が得られているものと仮定する。採用した加速度波形は BCJ-L1 (最大加速度 207cm/s^2 , 時間刻み 0.01s) である。この波形は継続時間が 60s であるが、高速フーリエ変換 (FFT) を用いるために 60s 以降のデータに後続の 0 を追加して 81.92s としている。図 4.2 で求めた伝達関数に、自由地盤地表面の加速度応答波形をフーリエ変換したものを乗じ、これを逆フーリエ変換することで基礎入力動の加速度波形を算出する。なお、基礎入力動の伝達関数の振動数範囲は $0\sim 10\text{Hz}$ まで計算している。一方、加速度波形のフーリエ変換値の振動数範囲は $0\sim 50\text{Hz}$ であるため、 10Hz 以上の高振動成分は 0 として、基礎入力動の加速度波形を計算していることになる。



(a) 加速度応答スペクトル($h=0.05$)

(b) 加速度応答スペクトル比

図 4.3 基礎入力動の加速度応答スペクトルの比較

解析結果を図 4.3 に示す。同図(a) は基礎入力動の減衰定数 5% の加速度応答スペクトルの形で整理したものであり、同図(b)は地表面での加速度応答スペクトルに対する埋込み深さ位置での加速度応答スペクトルの比を示している。この検討例からもわかるように、短周期側ほど自由地盤地表面の加速度は低減される傾向にあり、したがって、短周期建物のほど SSI の影響が大きくなるという、これまで認識されていることと符合する。

一方、基礎入力動の実用的な算出法として図 4.4 に示すように、SHAKE による自由地盤の基礎底面位置での加速度応答波形 E+F 波 (E: 上昇波, F: 下降波) を用いることが文献 7 に述べられている. なお、この加速度応答波形 E+F 波は上記の精密な解析より算出された加速度時刻歴波形と当然同一のものとはならないことに注意する必要がある.

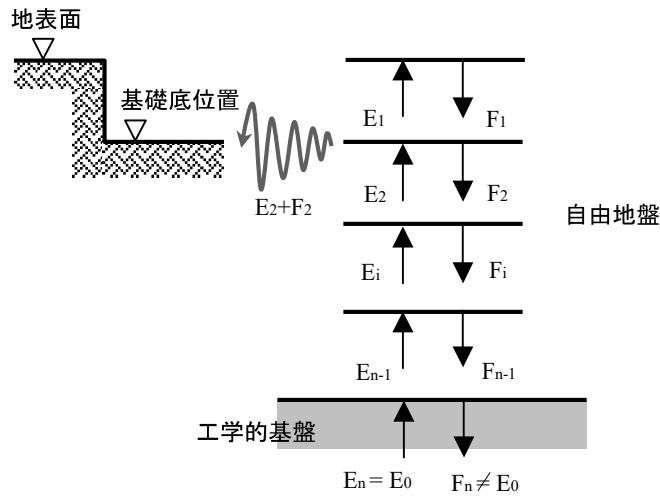


図 4.4 自由地盤の基礎底面位置での入力地震動¹⁰⁾

以上をまとめると、建物-基礎-地盤連成系の地震応答解析の手順として図 4.5 のようなフローが考えられる. ただし、図中の【Step-2】基礎のインピーダンスと基礎入力動の解析手法については、種々の手法が適用される部分である.

§ 5 1 質点系スウェイモデルの解析

図 5.1 に示すような 1 層 1 スパン平面骨組モデルにスウェイばねを考慮した場合の応答解析の計算方法を考える. なお、本節の内容は、文献 2 の pp.43~46 に示されている内容を詳細に記述したものであり、また、文献 5 には表 3.1 に示した静的地盤ばねを用いた計算例が示されている.

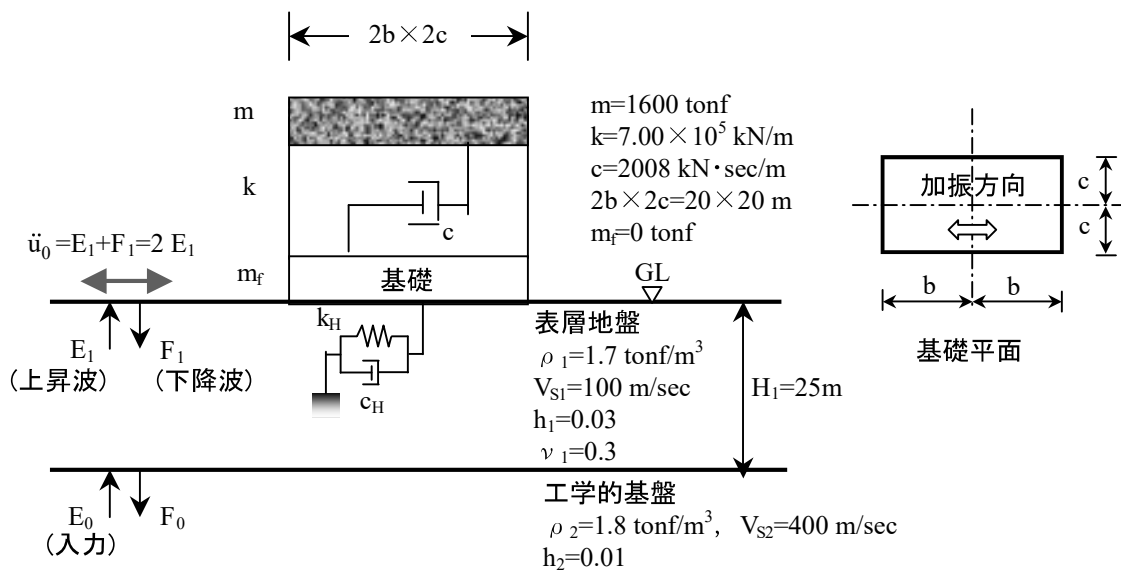


図 5.1 解析モデル

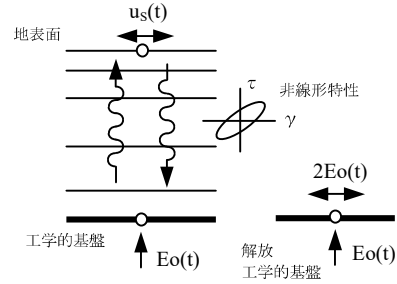
【Step-1】自由地盤の地震応答解析

[目的]

- 自由地盤の地震応答, 等価せん断剛性 G_e , 減衰定数 h_e の設定

[方法]

- 1次元等価線形解析 SHAKE
- 地震波: 告示波/支持層上面入射波 $E_o(t)$
- 地盤の非線形特性 $G/G_o-\gamma$, $h-\gamma$ 関係



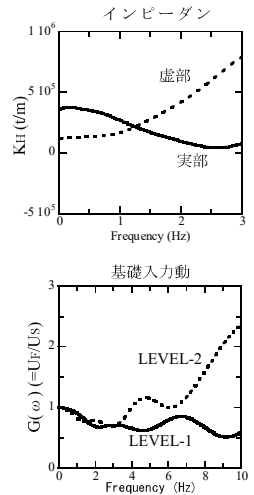
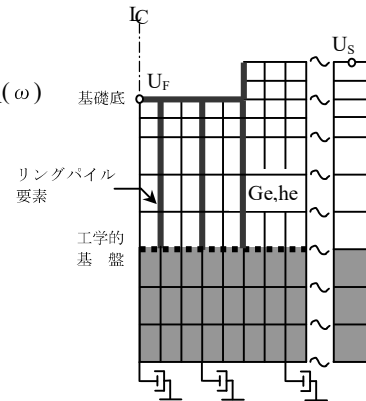
【Step-2】基礎のインピーダンスと基礎入力動

[目的]

- 基礎部の埋込み効果を含む杭基礎の地盤ばね $K_H(\omega)$, $K_R(\omega)$
- 基礎入力動の伝達関数 $G(\omega) (=U_F/U_S)$

[方法]

- 軸対称 FEM 底面:粘性, 側面:エネルギー伝達境界
- 地盤定数: G_e, h_e
- 地下室: 等価円置換, 杭: リングパイル置換
- 基礎部: 無質量・剛体
- 地盤ばね, 基礎入力動: 基礎部底面中心位置



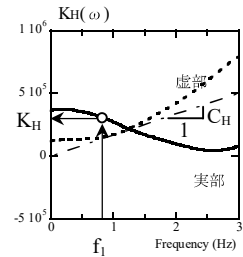
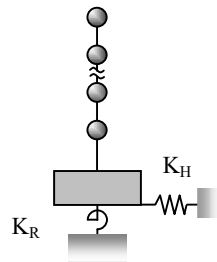
【Step-3】建物-基礎-地盤連成系の固有値解析

[目的]

- 連成系の固有値解析

[方法]

- SR モデル
- 地盤ばね: 静的近傍値
- 1次固有振動数 f_1



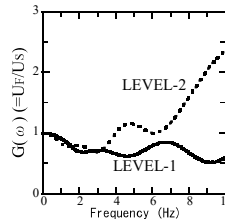
【Step-4】インピーダンスの定数化

[目的]

- 応答解析用の地盤ばね定数 剛性: K_H, K_R , 減衰係数: C_H, C_R

[方法]

- 剛性: 動的地盤ばね・実部 $f=f_1$ の値
- 減衰係数: 動的地盤ばね・虚部 $f=f_1$ の値



【Step-5】時刻歴基礎入力動

[目的]

- 時刻歴基礎入力動 $u_f(t)$ の計算

[方法]

- $U_s(\omega) = F[u_s(t)]$, $u_f(t) = F^{-1}[G(\omega) \cdot U_s(\omega)]$
- $F[\]$, $F^{-1}[\]$: フーリエ変換, 逆フーリエ変換
- $u_s(t)$: 既往波, 告示波(Step-1)での地表面加速度

【Step-6】地震応答解析

[目的]

- 建物-基礎-地盤連成系の地震応答解析

[方法]

- SR モデル
- 建物: 非線形復元力特性

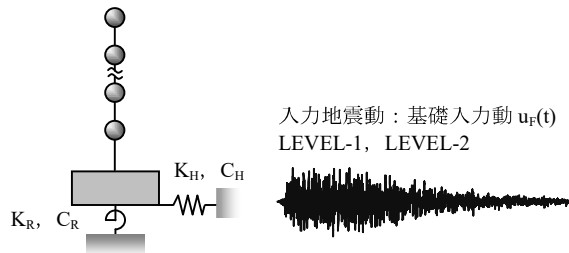


図 4.4 建物-基礎-地盤連成系の地震応答解析フロー

計算条件は以下のとおりである.

【計算条件】

- 1) 応答解析は周波数領域の解析とする.
- 2) 地盤は, 表層地盤と基盤からなる2層地盤とする.
- 3) 設計用地震動は基盤の露頭波, すなわち, 基盤上端における上昇波の2倍として与えられるものとする.
- 4) 建物は上部構造と基礎からなり, 基礎の質量は無視($m_f=0$)する. 【限界耐力計算法もこの仮定を導入】
- 5) 基礎は水平方向(スウェイ)にのみ変形し, ロッキングは考慮しない.
- 6) 基礎と地盤の動的相互作用を表わすインピーダンス(地盤ばね)を計算するに当たり, 地盤は基盤を無視した表層地盤のみからなる半無限地盤と仮定する.

5.1 固有周期の算出

【上部構造】

基礎固定時の上部構造の1次固有周期は,

$$T_B = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{1600}{700 \times 10^3}} = 0.300 \text{ sec} \rightarrow f = 3.33 \text{ Hz}, \quad \omega_1 = 20.92 \text{ rad/sec}$$

【地盤】

$$T_G = \frac{4H_1}{V_{S1}} = \frac{4 \times 25}{100} = 1.00 \text{ sec} \rightarrow f = 1/T_G = 1.0 \text{ Hz}, \quad \omega = 2\pi/T_G = 6.28 \text{ rad/sec}$$

なお, 多層地盤の場合は, 各地層の V_s を層厚で重み付けした平均値を用いて, 上式で固有周期が計算できる. 波動インピーダンス比は $\alpha = (1.7 \times 100)/(1.8 \times 400) = 0.236$ である.

5.2 入力地震動の計算

基盤の露頭波として与えられている設計用地震動(解放工学的基盤での標準加速度応答スペクトル S_{ao} に相当する)に対し, 表層地盤による増幅率(伝達関数)を考慮して求めた地表面の地震動が建物-基礎-地盤系への入力地震動となる. ここでは, 図 5.2 に示す2層地盤の伝達関数の誘導を行う.

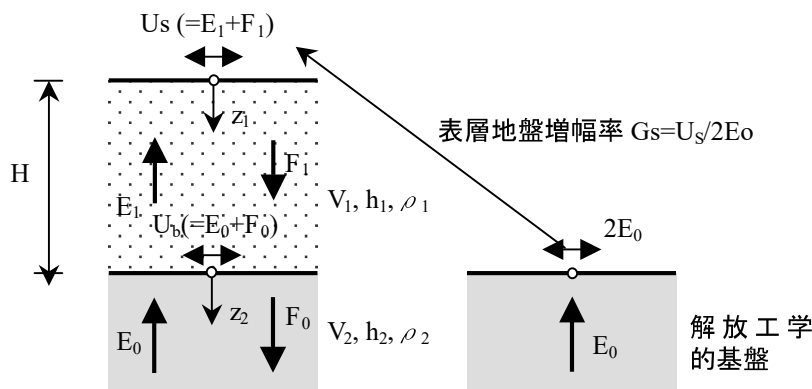


図 5.2 2層地盤モデル

鉛直下方から伝播する入射波(SH波)に対する波動方程式は式(5.1)で表わされる.

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G^* \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \tag{5.1}$$

ここで, $G^* = G + iG' = G(1 + i\frac{G'}{G}) = G(1 + i2h)$: 複素せん断弾性係数

h : 減衰定数, $i = \sqrt{-1}$: 虚数単位, $V = \sqrt{G/\rho}$: せん断波速度

地盤変位 u を, 振幅が U で円振動数が ω の調和振動とし,

$$u(t, z) = U(\omega, z)e^{i\omega t} \quad (5.2)$$

これを時間 t に関して 2 回微分して式(5.1)に代入すると次式となる.

$$\frac{d^2U(\omega, z)}{dz^2} + \frac{\omega^2}{V^2(1+i2h)}U(\omega, z) = 0 \quad (5.3)$$

ここで, $\zeta^2 = 1 + i2h$ とおくと, 複素せん断弾性係数は次式となる.

$$G^* = G(1 + i2h) = G\zeta^2 = \rho V^2 \zeta^2 \quad (5.4)$$

式(5.3)の左辺第 2 項の係数を次のようにおく.

$$\frac{\omega^2}{V^2} \cdot \frac{1}{1+i2h} = \left(\frac{\omega}{V\zeta}\right)^2 = k^2 \quad (5.5)$$

これを式(5.3)に代入すると次式となる.

$$\frac{d^2U(\omega, z)}{dz^2} + k^2U(\omega, z) = 0 \quad (5.6)$$

この式の解は次式で与えられる.

$$U(\omega, z) = Ee^{ikz} + Fe^{-ikz} \quad (5.7)$$

ここで, 式(5.7)の右辺第 1 項は上昇波, 第 2 項は下降波を示す. この変位振幅に対応するせん断応力 (振幅) は,

$$\tau(\omega, z) = G^* \frac{dU(\omega, z)}{dz} = iG^* k(Ee^{ikz} - Fe^{-ikz}) \quad (5.8)$$

となる. 図 5.2 に示すように, 各層に局所座標系 (z) を設ける. 第 j 層と第 $j+1$ 層の境界における変位およびせん断力の連続条件は, 次式で与えられる.

$$\left. \begin{aligned} U_j(\omega, z_j = d_j) &= U_{j+1}(\omega, z_{j+1} = 0) \\ \tau_j(\omega, z_j = d_j) &= \tau_{j+1}(\omega, z_{j+1} = 0) \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

式(5.7)および(5.8)に, 式(5.9)の境界条件を適用すると,

$$E_{j+1} + F_{j+1} = E_j e^{ik_j d_j} + F_j e^{-ik_j d_j} \quad (5.10)$$

$$E_{j+1} - F_{j+1} = \frac{iG_j^* k_j}{iG_{j+1}^* k_{j+1}} (E_j e^{ik_j d_j} - F_j e^{-ik_j d_j}) \quad (5.11)$$

となる. ここで, 式(5.11)の右辺の係数を次のようにおくと, 次式が得られる.

$$\alpha_j = \frac{iG_j^* k_j}{iG_{j+1}^* k_{j+1}} = \frac{\rho_j V_j^2 \zeta_j^2}{\rho_{j+1} V_{j+1}^2 \zeta_{j+1}^2} \cdot \frac{\frac{\omega}{V_j \zeta_j}}{\frac{\omega}{V_{j+1} \zeta_{j+1}}} = \frac{\rho_j V_j}{\rho_{j+1} V_{j+1}} \cdot \frac{\sqrt{1+i2h_j}}{\sqrt{1+i2h_{j+1}}} \quad (5.12)$$

これは, 第 j 層と第 $j+1$ 層間の複素波動インピーダンス比である. したがって, 式(5.11)は次式となる.

$$E_{j+1} - F_{j+1} = \alpha_j (E_j e^{ik_j d_j} - F_j e^{-ik_j d_j}) \quad (5.13)$$

式(5.10)と式(5.13)より,

$$\begin{Bmatrix} E_{j+1} \\ F_{j+1} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (1+\alpha_j)e^{ik_j d_j} & (1-\alpha_j)e^{-ik_j d_j} \\ (1-\alpha_j)e^{ik_j d_j} & (1+\alpha_j)e^{-ik_j d_j} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} E_j \\ F_j \end{Bmatrix} \quad (5.14)$$

地表面($j=1$)においてはせん断応力が0である境界条件から, 式(5.8)より

$$\tau_1(\omega, z_1=0) = iG_1^* k_1 (E_1 - F_1) = 0 \quad (5.15)$$

$$\therefore E_1 = F_1 \quad (5.16)$$

となる. 式(5.14), (5.16)より, 第1層の上昇波および下降波の振幅は, 次式となる.

$$E_1 = F_1 = \frac{2E_0}{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}} \quad (5.17)$$

$$F_0 = \frac{(1-\alpha)e^{ikH} + (1+\alpha)e^{-ikH}}{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}} \cdot E_0 \quad (5.18)$$

以上より, 解放工学的基盤に対する地表面の増幅率 G_s および内部境界 (表層地盤下部と工学的基盤の境界) 層の増幅率 G_b は, 次式で与えられる.

$$G_s = \frac{U_s}{2E_0} = \frac{E_1 + F_1}{2E_0} = \frac{2}{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}} \quad (5.19)$$

$$G_b = \frac{U_b}{2E_0} = \frac{E_0 + F_0}{2E_0} = \frac{e^{ikH} + e^{-ikH}}{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}} \quad (5.20)$$

$$\text{ここで, } k = \frac{\omega}{V_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+i2h_1}}, \quad \alpha = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} \cdot \frac{\sqrt{1+i2h_1}}{\sqrt{1+i2h_2}}$$

なお, 工学的基盤の減衰定数 h_2 は一般的に小さいのでこれを無視すると複素波動インピーダンス比 α は,

$$\alpha = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} \sqrt{1+i2h_1}$$

となる. 式(5.19)の絶対値が表層地盤の増幅率 (伝達関数) となる. また, Euler の公式を用いて式(5.19), (5.20)を書き直すと次式となる.

$$\left. \begin{aligned} G_s &= \frac{1}{\cos kH + i\alpha \sin kH} \\ G_b &= \frac{1}{1 + i\alpha \tan kH} \end{aligned} \right\} \quad (5.21)$$

なお増幅率は, 内部境界での入射波 E_0 に対する地表面の振幅比で算出されることもある. この場合は,

$$G's = \frac{E_1 + F_1}{E_0} = \frac{4}{(1+\alpha)e^{ikH} + (1-\alpha)e^{-ikH}} \quad (5.22)$$

となり, 式(5.19)の2倍となる. 1次元等価線形解析プログラム SHAKE を用いて解析する場合, 増幅率が式(5.19)か式(5.22)かどちらの計算結果が出力されるのか確認する必要がある. 限界耐力計算法での表層地盤の増幅率 G_s と比較する場合には, 式(5.19)を用いることになる.

ところで, 式(5.19)あるいは式(5.21)において, 地盤の1次固有周期 $T_1=4H/V_s$ から $H=T_1 \cdot V_s/4$ として地盤層厚 H を消去すると次式のようになり, 表層地盤の増幅率は1次固有周期 T_1 , 波動インピーダンス比 α , 減衰定数 h の3個のパラメータで一義的に決まることになる. 1例として, $T_1=0.4\text{sec}$, $\alpha=0.26$, $h=0, 0.05$ の場合の解放工学的基盤に対する地表面の増幅率 G_s および内部境界層の増幅率 G_b の計算結果を図 5.3 に示す. なお, 本例の2層地

盤だけでなく多層地盤計算も含めて、表層地盤の増幅率の計算には、文献 11 に掲載されているプログラムが利用できる。

$$G_s = \frac{2}{(1+\alpha)e^{i \cdot \frac{T_1 \cdot 2\pi}{4} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+i2h}}} + (1-\alpha)e^{-i \cdot \frac{T_1 \cdot 2\pi}{4} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+i2h}}} } \tag{5.23}$$

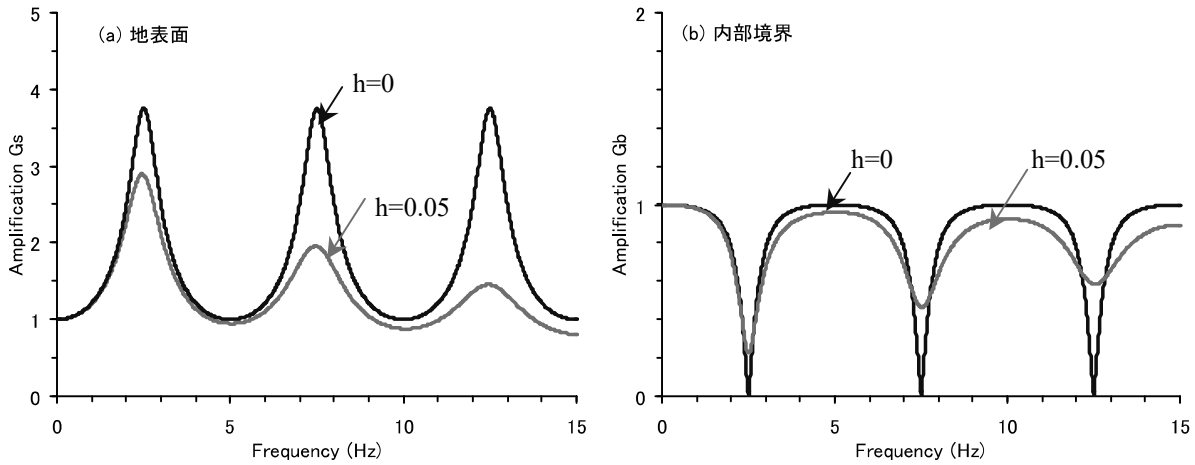


図 5.3 地盤の増幅率の表示例

5.3 インピーダンス解析

計算条件 6 より、半無限地盤上の矩形基礎のインピーダンスを、文献 6 に添付の CD-ROM に収められているプログラム (dgca.exe) を用いて算定する。ポアソン比 $\nu=0.3$ 、減衰定数 $h=0$ とした場合の水平方向インピーダンスの算定結果を図 5.4 に示す。横軸は無次元振動数 $a_0 = \omega \sqrt{bc} / V_s$ 、縦軸は水平方向の無次元インピーダンス $k_H / (G \cdot \sqrt{bc})$ である。インピーダンスは複素数であるため実部と虚部で表わされ、実部は地盤ばねを表わし、虚部は減衰に関する。図 5.4 に示すように実部および虚部とも振動数に依存する特性を有する。

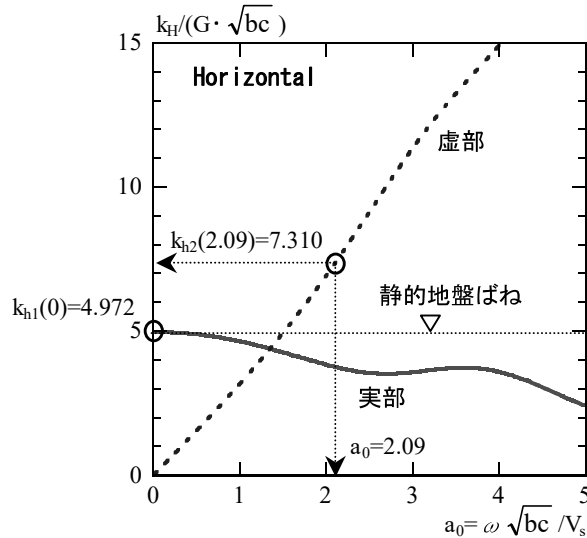


図 5.4 水平方向インピーダンス($\nu=0.3$)

基準長さは、基礎の半幅 b と c の積のルートで表わされる。なお、基準長さの定義はプログラムによって異なる場合がある。

$$\sqrt{bc} = \sqrt{10 \times 10} = 10.0 \text{ m} \tag{5.24}$$

無次元振動数 a_0 は、基礎固定時の上部構造の固有円振動数を用いると以下となる。

$$a_0 = \frac{\omega_1 \sqrt{bc}}{V_{S1}} = 20.92 \times 10.0 / 100 = 2.09 \quad (5.25)$$

表層地盤のせん断弾性係数は以下となる.

$$G = \rho_1 V_{S1}^2 = 1.7 \times 100^2 = 1.70 \times 10^4 \text{ kN/m}^2 \quad (5.26)$$

地盤ばねは図 5.3 のインピーダンス実部 k_{h1} の無次元振動数 $a_0=0$ (振動数依存性を無視) の値 $k_{h1}(a_0=0)$, すなわち静的地盤ばねとして評価する. 有次元量に変換すると,

$$k_H = G \sqrt{bc} k_{h1}(0) = 1.70 \times 10^4 \times 10.0 \times 4.972 = 8.452 \times 10^5 \text{ kN/m} \quad (5.27)$$

本例では静的地盤ばねを用いているが, $a_0=2.09$ に対応する実部を初期値として設定した固有値解析を行い, 1 次固有周期が収束する時の実部を地盤ばねとする方法もある. 収束した 1 次固有周期は, "連成系の固有周期" となる. このようにインピーダンスの振動数依存性を特定の振動数で評価することを, "インピーダンスの定数化" と呼んでいる.

一方, 減衰係数はインピーダンス虚部 k_{h2} の振動数依存性を考慮する. まず無次元振動数の初期値として基礎固定時の上部構造の固有円振動数を用いた $a_0=2.09$ に対応する値 $k_{h2}(a_0=2.09)$ で次式により減衰係数を算定する.

$$c_H = \frac{\text{Im}(k_H)}{\omega_1} = \frac{G \sqrt{bc} k_{h2}(2.09)}{\omega_1} = (1.700 \times 10^4 \times 10.0 \times 7.310) / 20.92 = 5.936 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{s/m} \quad (5.28)$$

次に, 連成系の固有周期を求める. 次節で示すスウェイモデルの運動方程式(5.39),

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{y}_1 + c(\dot{y}_1 - \dot{y}_0) + k(y_1 - y_0) &= -m\ddot{z} \\ c_H \dot{y}_0 + k_H y_0 - c(\dot{y}_1 - \dot{y}_0) - k(y_1 - y_0) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

において固有値を $\lambda = \omega_1 \cdot \varphi$, $\ddot{z} = 0$, $y_0 = u_0 e^{\lambda t}$, $y_1 = u_1 e^{\lambda t}$ として固有方程式を求めると,

$$\begin{bmatrix} -m\lambda^2 + c\lambda + k & -(c\lambda + k) \\ -(c\lambda + k) & (c + c_H)\lambda + k + k_H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.29)$$

式(5.29)を整理すると次式のように φ に関する 3 次方程式となる.

$$2(h_1 + h_0 \varphi_0) \varphi^3 + (1 + \varphi_0^2 + 4h_1 h_0 \varphi_0) \varphi^2 + 2(h_0 \varphi_0 + h_1 \varphi_0) \varphi + \varphi_0^2 = 0 \quad (5.30)$$

ここで, $\omega_1^2 = \frac{k}{m}$, $\omega_0^2 = \frac{k_H}{m}$, $\varphi_0 = \frac{\omega_0}{\omega_1}$, $h_1 = \frac{c}{2\omega_1 m}$, $h_0 = \frac{c_H}{2\omega_0 m}$

式(5.30)を解いて得られる負の実数部を持つ共役複素根から固有値は次式で与えられ,

$$\lambda = \omega_1 \cdot \varphi = \lambda_R \pm \lambda_I \cdot i = -h\omega \pm i\omega \sqrt{1-h^2} \quad (5.31)$$

また, 連成系の固有円振動数および減衰定数は次式で求められる.

$$\omega_e = |\lambda| = \sqrt{\lambda_R^2 + \lambda_I^2} \quad (5.32)$$

$$h_e = \frac{-\lambda_R}{\sqrt{\lambda_R^2 + \lambda_I^2}} \quad (5.33)$$

式(5.30)の各係数に既知量を代入すると,

$$\omega_1^2 = \frac{k}{m} = 7.00 \times 10^5 / 1600 = 437.5, \quad \omega_0^2 = \frac{k_H}{m} = 8.452 \times 10^5 / 1600 = 528.25, \quad \varphi_0 = \frac{\omega_0}{\omega_1} = 1.099$$

$$h_1 = \frac{c}{2\omega_1 m} = 2008 / (2 \times 20.92 \times 1600) = 0.030, \quad h_0 = \frac{c_H}{2\omega_0 m} = 5.936 \times 10^4 / (2 \times 22.98 \times 1600) = 0.807$$

式(5.30)は次式となる.

$$1.834\varphi^3 + 3.403\varphi^2 + 1.840\varphi + 1.208 = 0 \tag{5.34}$$

これを Newton-Raphson 法を用いて解く.

$$f(\varphi) = 1.834\varphi^3 + 3.403\varphi^2 + 1.840\varphi + 1.208$$

$$f'(\varphi) = 5.502\varphi^2 + 6.806\varphi + 1.840 \quad (\varphi \text{ で 1 回微分})$$

第 j 次の近似解は, $\varphi_j = \varphi_{j-1} - f(\varphi_{j-1}) / f'(\varphi_{j-1})$ で与えられ, 繰り返し計算によって収束させる. 表 5.1 に Excel での収束計算の結果を示す.

表 5.1 Newton-Raphson 法の収束計算

φ	-1.000	-2.748	-2.091	-1.703	-1.523	-1.481	-1.478
$f(\varphi)$	0.937	-16.212	-4.533	-1.115	-0.182	-0.009	0.000
$f'(\varphi)$	0.536	24.689	11.673	6.208	4.241	3.824	3.802
$f(\varphi) / f'(\varphi)$	1.748	-0.657	-0.388	-0.180	-0.043	-0.002	0.000

これより求める解のうちの 1 つは, $\varphi = -1.478$ となる. 式(5.34) を $(\varphi + 1.478)$ で除すと次式となる.

$$1.834\varphi^3 + 3.403\varphi^2 + 1.840\varphi + 1.208 = (\varphi + 1.478)(1.834\varphi^2 + 0.692\varphi + 0.817) = 0$$

上式の 2 次方程式部分は, $D = b^2 - 4bc < 0$ となり, 以上より 3 次方程式の 3 根は以下のように求まる.

$$\therefore \varphi = -1.478, -0.189 \pm 0.640 i$$

この解より共役複素根を採用すると,

$$\lambda = \omega_1 \cdot \varphi = 20.92(-0.189 \pm 0.640 i)$$

連成系の固有周期および減衰定数は以下のように求まる.

$$\omega_e = |\lambda| = 20.92 \times \sqrt{0.189^2 + 0.640^2} = 13.96 \text{ rad/s} \rightarrow T_e = 0.450 \text{ sec}, f = 2.222 \text{ Hz}$$

$$h_e = \frac{\lambda_R}{\sqrt{\lambda_R^2 + \lambda_I^2}} = \frac{-(-0.189)}{\sqrt{0.189^2 + 0.640^2}} = 0.283$$

これより, 基礎固定時の固有周期は 0.30 s であったが, 連成系の固有周期 T_e は 0.450 s に伸び, 減衰定数は 0.03 から 0.283 に大きく増加する結果が得られる.

5.4 質点系の運動方程式

ここでは, 調和地動を受ける定常応答を対象とし, 質点と基礎の複素伝達関数について検討する.

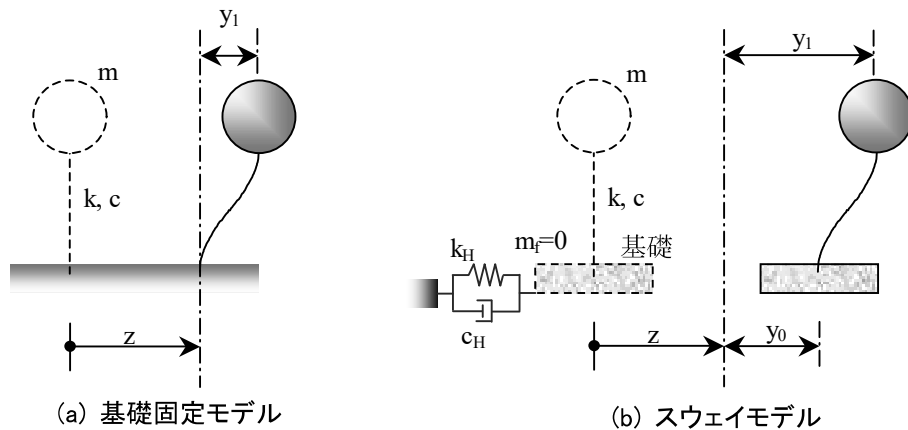


図 5.5 1 質点振動系

(1) 基礎固定モデル

図 1.2.5(a)の基礎固定 1 質点系モデルの運動方程式は,

$$m(\ddot{y}_1 + \ddot{z}) + c \dot{y}_1 + k y_1 = 0 \quad (5.35)$$

である. 両辺を m で除すと,

$$\ddot{y}_1 + 2h\omega_1 \dot{y}_1 + \omega_1^2 y_1 = -\ddot{z} \quad (5.36)$$

ここで, $2h\omega_1 = c/m$, $\omega_1^2 = k/m$

式(5.36)において, $z = Ze^{i\omega t}$, $y_1 = Y_1 e^{i\omega t}$ を代入すると (これは変位を振幅項と時間項で変数分離する解析の常套手段である), 次式が得られる.

$$Y_1 = \frac{\omega^2 Z}{-\omega^2 + i2h\omega_1\omega + \omega_1^2} \quad (5.37)$$

絶対応答加速度と入力加速度の比をとると, 次式となる.

$$\frac{\ddot{z} + \ddot{y}_1}{\ddot{z}} = 1 + \frac{\ddot{y}_1}{\ddot{z}} = 1 + \frac{Y_1}{Z} = 1 + \frac{\omega^2}{\omega_1^2 - \omega^2 + i2h\omega_1\omega} \quad (5.38)$$

式(5.38)の絶対値が伝達関数となる.

(2) スウェイモデル

図 5.5(b)の建物-基礎-地盤系において, 質点と基礎部の運動方程式はそれぞれ以下のようになる.

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{y}_1 + c(\dot{y}_1 - \dot{y}_0) + k(y_1 - y_0) &= -m\ddot{z} \\ c_H \dot{y}_0 + k_H y_0 - c(\dot{y}_1 - \dot{y}_0) - k(y_1 - y_0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.39)$$

これをマトリクス表示すると, 次式となる.

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_0 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c & -c \\ -c & c + c_H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_0 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k + k_H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_0 \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{z} \quad (5.40)$$

式(5.39)において, $y_1 = Y_1 e^{i\omega t}$, $y_0 = Y_0 e^{i\omega t}$, $\ddot{z} = -e^{i\omega t}$ とおくと,

$$\left. \begin{aligned} (-m\omega^2 + ic\omega + k)Y_1 - (ic\omega + k)Y_0 &= m \\ -(ic\omega + k)Y_1 + (ic\omega + ic_H\omega + k + k_H)Y_0 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.41)$$

となり, これをマトリクス表示すると, 次式が得られる.

$$\begin{bmatrix} -m\omega^2 + ic\omega + k & -(ic\omega + k) \\ -(ic\omega + k) & ic\omega + ic_H\omega + k + k_H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Y_1 \\ Y_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} m \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.42)$$

ここで, 上部構造および地盤の剛性を次式の複素剛性で表わす.

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{K} &= k + ic\omega \\ \mathbf{K}_H &= k_H + ic_H\omega \end{aligned} \right\} \quad (5.43)$$

これを式(5.42)に代入すると次式となる.

$$\begin{bmatrix} -m\omega^2 + \mathbf{K} & -\mathbf{K} \\ -\mathbf{K} & \mathbf{K} + \mathbf{K}_H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Y_1 \\ Y_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} m \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.44)$$

これを Y_1 , Y_0 について解くと,

$$D = \det \begin{bmatrix} -m\omega^2 + \mathbf{K} & -\mathbf{K} \\ -\mathbf{K} & \mathbf{K} + \mathbf{K}_H \end{bmatrix} = (-m\omega^2 + \mathbf{K})(\mathbf{K} + \mathbf{K}_H) - \mathbf{K}^2 = -m\omega^2(\mathbf{K} + \mathbf{K}_H) + \mathbf{K}\mathbf{K}_H$$

$$Y_1 = \frac{1}{D} \det \begin{vmatrix} m & -K \\ 0 & K + K_H \end{vmatrix} = \frac{1}{D} m(K + K_H) = \frac{m(K + K_H)}{-m\omega^2(K + K_H) + KK_H}$$

$$= \frac{m}{-m\omega^2 + \frac{1}{1/K + 1/K_H}} \tag{5.45}$$

$$Y_0 = \frac{1}{D} \det \begin{vmatrix} -m\omega^2 + K & m \\ -K & 0 \end{vmatrix} = \frac{1}{D} mK = \frac{mK}{-m\omega^2(K + K_H) + KK_H} = \frac{K}{K + K_H} \cdot Y_1 \tag{5.46}$$

となる。したがって、質点頂部および基礎部の絶対応答加速度と入力加速度の比をとると、次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\ddot{z} + \ddot{y}_1}{\ddot{z}} = 1 + \frac{\ddot{y}_1}{\ddot{z}} = 1 + \frac{-\omega^2 Y_1 e^{i\omega t}}{-e^{i\omega t}} = 1 + \omega^2 Y_1 \\ \frac{\ddot{z} + \ddot{y}_0}{\ddot{z}} = 1 + \frac{\ddot{y}_0}{\ddot{z}} = 1 + \frac{-\omega^2 Y_0 e^{i\omega t}}{-e^{i\omega t}} = 1 + \omega^2 Y_0 \end{aligned} \right\} \tag{5.47}$$

式(5.47)の絶対値が質点頂部および基礎部の伝達関数となる。

5.5 上部構造の応答

上部構造の応答は、設計用地震動に、表層地盤の増幅を表わす伝達関数および建物-基礎-地盤系の伝達関数を乗じることにより得られる。図 5.6 に伝達関数を示す。これより、BとDを比較すると、相互作用を考慮することによって、固有振動数は低くなり、減衰は大きくなるのがわかる。基礎の応答は、上部構造の固有振動数付近で応答が一旦減少する傾向が見られるが、これは基礎の応答が建物の影響を受けて、自由地盤地表面との応答とは異なることを意味している。

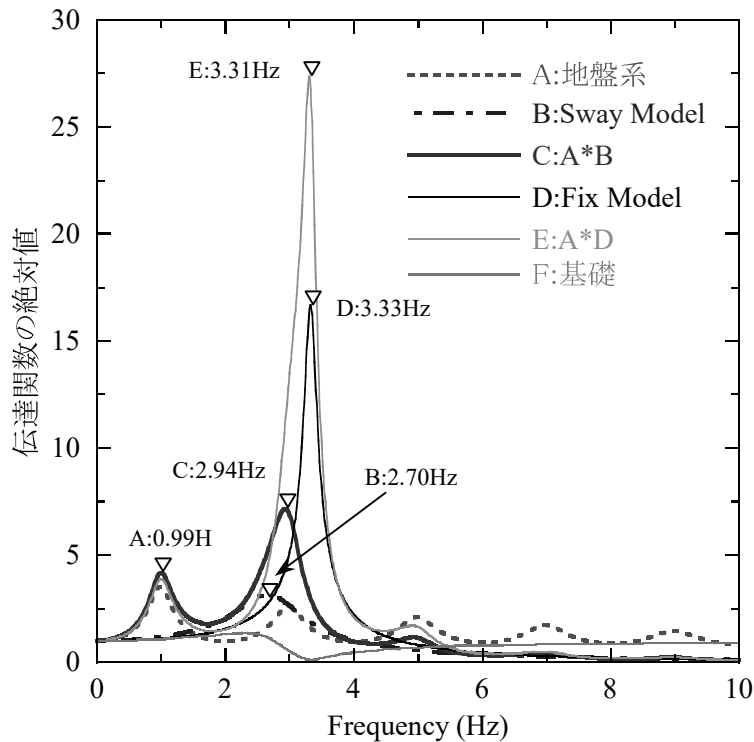


図 5.6 基礎固定モデル，スウェイモデルおよび基礎の伝達関数

§ 6 1 質点系スウェイ・ロッキングモデルの解析

6.1 1 質点系 SR モデルの伝達関数

図 6.1 に示すような基礎の質量を無視した 1 質点系 SR モデルを対象として、その伝達関数の誘導について考える。

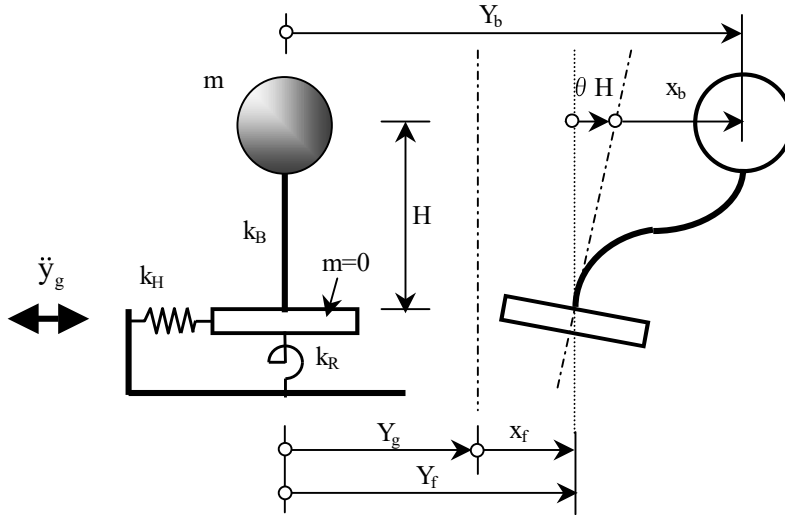


図 6.1 1 質点系 SR モデルの振幅

上部構造の質点の力の釣合い式は次式となる。

$$m(\ddot{y}_g + \ddot{x}_f + \ddot{\theta}H + \ddot{x}_b) + k_B x_b = 0 \quad (6.1)$$

両式を \$m\$ で除すと次式となる。

$$\ddot{x}_b + \ddot{x}_f + \ddot{\theta}H + (k_B/m) x_b = -\ddot{y}_g \quad (6.2)$$

基礎の力の釣合い式は次式となる。

$$-k_B x_b + k_H x_f = 0 \quad (6.3)$$

また、全体系の回転モーメントの釣合い式は次式となる。

$$m(\ddot{y}_g + \ddot{x}_f + \ddot{\theta}H + \ddot{x}_b)H + k_R \theta = 0 \quad (6.4)$$

式(6.1)と(6.4)から

$$-k_B H x_b + k_R \theta = 0 \quad (6.5)$$

ここで、建物、スウェイおよびロッキングばねを次式の複素剛性および円振動数の 2 乗で表すと、

$$k_B = K_B(1+i2h_B), \quad k_H = K_H(1+i2h_H), \quad k_R = K_R(1+i2h_R) \quad (6.6)$$

$$\omega_B^2 = \frac{K_B}{m}, \quad \omega_H^2 = \frac{K_H}{m}, \quad \omega_R^2 = \frac{K_R}{mH^2} \quad (6.7)$$

$$k_B = m\omega_B^2(1+i2h_B), \quad k_H = m\omega_H^2(1+i2h_H), \quad k_R = mH^2\omega_R^2(1+i2h_R) \quad (6.8)$$

式(6.8)を式(6.2)に代入すると、

$$\ddot{x}_b + \ddot{x}_f + H\ddot{\theta} + \omega_B^2(1+i2h_B)x_b = -\ddot{y}_g \quad (6.9)$$

また、式(1.3.8)を式(1.3.3)に代入すると、

$$-\omega_B^2(1+i2h_B)x_b + \omega_H^2(1+i2h_H)x_f = 0 \quad (6.10)$$

さらに、式(6.8)を式(6.5)に代入すると、

$$-\omega_B^2(1+i2h_B)x_b + \omega_R^2(1+i2h_R)H\theta = 0 \quad (6.11)$$

ここで、 $x_b = X_b e^{i\omega t}$ 、 $x_f = X_f e^{i\omega t}$ 、 $\theta_f = \Theta_f e^{i\omega t}$ 、 $y_g = Y_g e^{i\omega t}$

$$\tilde{\omega} = \frac{\omega}{\omega_B}, \quad \tilde{\omega}_H = \frac{\omega_H}{\omega_B}, \quad \tilde{\omega}_R = \frac{\omega_R}{\omega_B}$$

とおくと、式(6.9)、(6.10)および(6.11)はそれぞれ次式となる。

$$\{(1+i2h_B) - \tilde{\omega}^2\} X_b - \tilde{\omega}^2 X_f - \tilde{\omega}^2 H\Theta = \tilde{\omega}^2 Y_g \quad (6.12)$$

$$-(1+i2h_B)X_b + \tilde{\omega}_H^2(1+i2h_H)X_f = 0 \quad (6.13)$$

$$-(1+i2h_B)X_b + \tilde{\omega}_R^2(1+i2h_R)H\Theta = 0 \quad (6.14)$$

これをマトリクス表示すると次式となる。

$$\begin{bmatrix} (1+i2h_B) - \tilde{\omega}^2 & -\tilde{\omega}^2 & -\tilde{\omega}^2 \\ -(1+i2h_B) & \tilde{\omega}_H^2(1+i2h_H) & 0 \\ -(1+i2h_B) & 0 & \tilde{\omega}_R^2(1+i2h_R) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_b \\ X_f \\ H\Theta \end{Bmatrix} = \tilde{\omega}^2 \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} Y_g \quad (6.15)$$

伝達関数としては以下の4ケースが考えられる。

$$\frac{Y_b}{Y_g} = \frac{1}{D} (\tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_B \xi_H \xi_R) \quad (6.16)$$

$$\frac{Y_f}{Y_g} = \frac{1}{D} (\tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_B \xi_H \xi_R - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_H \xi_R - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_H^2 \xi_B \xi_H) \quad (6.17)$$

$$\frac{Y_b}{Y_f} = \frac{\tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_B \xi_H \xi_R}{\tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_B \xi_H \xi_R - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_H \xi_R - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_H^2 \xi_B \xi_H} \quad (6.18)$$

$$\frac{Y_b}{Y_f + H\Theta} = 1 + \frac{\tilde{\omega}^2}{\xi_B - \tilde{\omega}^2} \quad (6.19)$$

ここで、 $D = \tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_B \xi_H \xi_R - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_H^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_H \xi_R - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_H^2 \xi_B \xi_H - \tilde{\omega}^2 \tilde{\omega}_R^2 \xi_B \xi_H$

$$\xi_B = 1+i2h_B, \quad \xi_H = 1+i2h_H, \quad \xi_R = 1+i2h_R$$

図 6.2 に式(6.16)~(6.19)で求められる SR モデルの伝達関数の 1 例を示す。

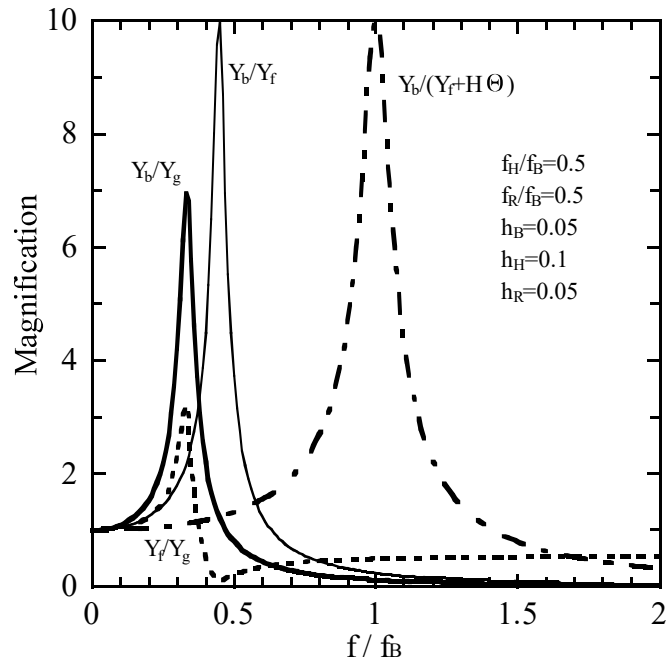


図 6.2 SR モデルの伝達関数

6.2 固有周期と減衰定数の変化

図 6.3 に示すような半無限均質地盤上の円形基礎で支持された 1 質点系 SR モデルを対象として、SSI 効果の一つである「慣性の相互作用」について検討する。一様応力分布仮定から得られる円形基礎のインピーダンスを用いて、固有周期比 T_e/T_0 および等価減衰定数 h_e が建物と地盤の剛性比とどのような関係があるかを検討する。導入するパラメータの記号は以下のとおりである。

- γ : 建物と地盤の質量比で、 $\gamma = m_s / (\rho \pi r_0^2 L)$ とする。
- L/r_0 : 建物の基礎半径高さ比で、この値が大きいほど高層となる。
- $L/(V_s T_0)$: 建物と地盤の剛性比で、建物周期 T_0 からの換算 S 波速度 $4L/T_0$ と地盤の S 波速度 V_s との比の 1/4。この値が大きいほど地盤は軟弱となる。
- m_s : 建物質量, k_s : 建物の水平剛性, r_0 : 基礎半径
- ρ : 地盤密度, ν : 地盤のポアソン比

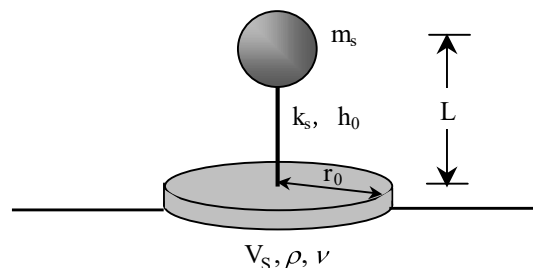


図 6.3 解析モデル

水平方向および回転方向のインピーダンスは、文献 2 に示されている一様応力分布仮定から得られる円形基礎の解析解を用いるものとする。

水平インピーダンス

$$\begin{aligned}
K_H &= k_0 - \omega^2 m_0 + i\omega c_H(\omega) \\
&= \frac{2\pi}{2-\nu} Gr_0 - \omega^2 \frac{2\pi}{2-\nu} \frac{\Gamma_2^2}{12} \rho r_0^3 + i\omega \frac{2\pi}{2-\nu} \frac{\Gamma_2}{2} \rho V_s r_0^2
\end{aligned} \tag{6.20}$$

回転インピーダンス

$$\begin{aligned}
K_R &= k_0 - \omega^2 m_0 + i\omega c_R(\omega) \\
&= \frac{\pi}{2(1-\nu)} Gr_0^3 - \omega^2 \frac{\pi}{2(1-\nu)} \frac{\Gamma_1^2}{6} \rho r_0^5 + i\omega \frac{\pi}{2(1-\nu)} \frac{\Gamma_1^3}{12} \frac{\rho}{V_s} r_0^6 \omega^2
\end{aligned} \tag{6.21}$$

等価固有周期は次式で与えられる.

$$T_e = T_0 \sqrt{1 + \left(\frac{T_s}{T_0}\right)^2 + \left(\frac{T_r}{T_0}\right)^2} = T_0 \sqrt{1 + \frac{k_s}{k_H(\omega_e)} + \frac{k_s L^2}{k_R(\omega_e)}} \tag{6.22}$$

式(6.22)右辺根号内の第2項, 第3項を, 式(6.20), (6.21)のインピーダンス実部を用いて整理すると, それぞれ式(6.23), (6.24)となる.

$$\frac{k_s}{k_H(\omega_e)} = \frac{1}{\frac{2}{2-\nu} \cdot \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{V_s T_0}{L}\right)^2 \left(\frac{L}{r_0}\right) - \frac{\Gamma_2^2}{12} \left(\frac{r_0}{L}\right) \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^2 \right\}} \tag{6.23}$$

$$\frac{k_s L^2}{k_R(\omega_e)} = \frac{1}{\frac{1}{2(1-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{V_s T_0}{L}\right)^2 \left(\frac{r_0}{L}\right) - \frac{\Gamma_1^2}{6} \left(\frac{r_0}{L}\right)^3 \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^2 \right\}} \tag{6.24}$$

式(6.23), (6.24)を式(6.22)式に代入すると, 固有周期比 T_e/T_0 と剛性比 $L/(V_s T_0)$ の関係が次式として得られる. なお, 式中右辺にも (T_e/T_0) が含まれているため, イテレーションによって解く必要がある.

$$\therefore \frac{T_e}{T_0} = \sqrt{1 + \frac{1}{\frac{2}{2-\nu} \cdot \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{V_s T_0}{L}\right)^2 \frac{L}{r_0} - \frac{\Gamma_2^2}{12} \frac{r_0}{L} \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^2 \right\}} + \frac{1}{\frac{1}{2(1-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{V_s T_0}{L}\right)^2 \frac{L}{r_0} - \frac{\Gamma_1^2}{6} \left(\frac{r_0}{L}\right)^3 \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^2 \right\}}} \tag{6.25}$$

次に, 等価減衰定数と剛性比の関係を考える. 等価減衰定数は次式で与えられる.

$$\begin{aligned}
h_e &= h_0(\omega_e) \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^3 + h_s(\omega_e) \left(\frac{T_s}{T_e}\right)^3 + h_r(\omega_e) \left(\frac{T_r}{T_e}\right)^3 \\
&= \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^3 \left[h_0(\omega_e) + h_s(\omega_e) \left(\frac{T_s}{T_0}\right)^3 + h_r(\omega_e) \left(\frac{T_r}{T_0}\right)^3 \right]
\end{aligned} \tag{6.26}$$

スウェイおよびロッキングの減衰定数は式(6.20)および(6.21)のインピーダンス虚部を用いて次式となる.

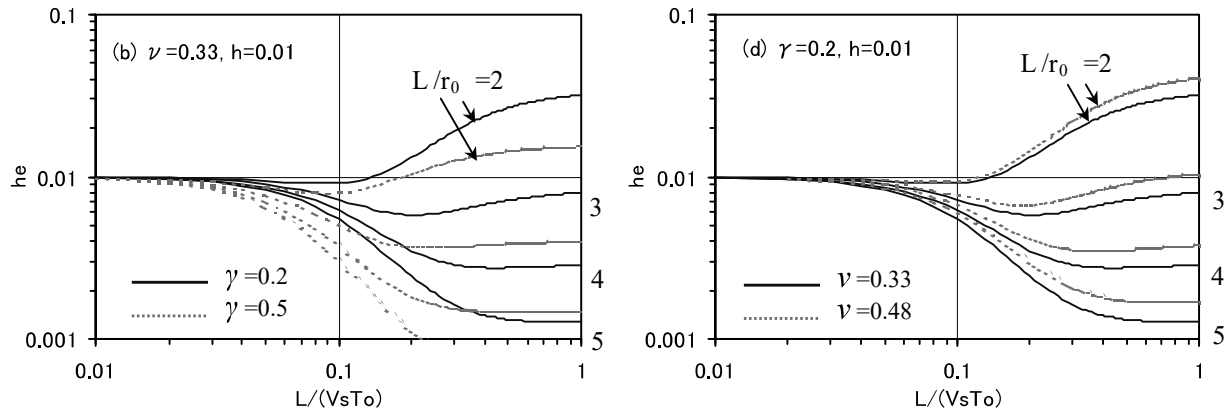
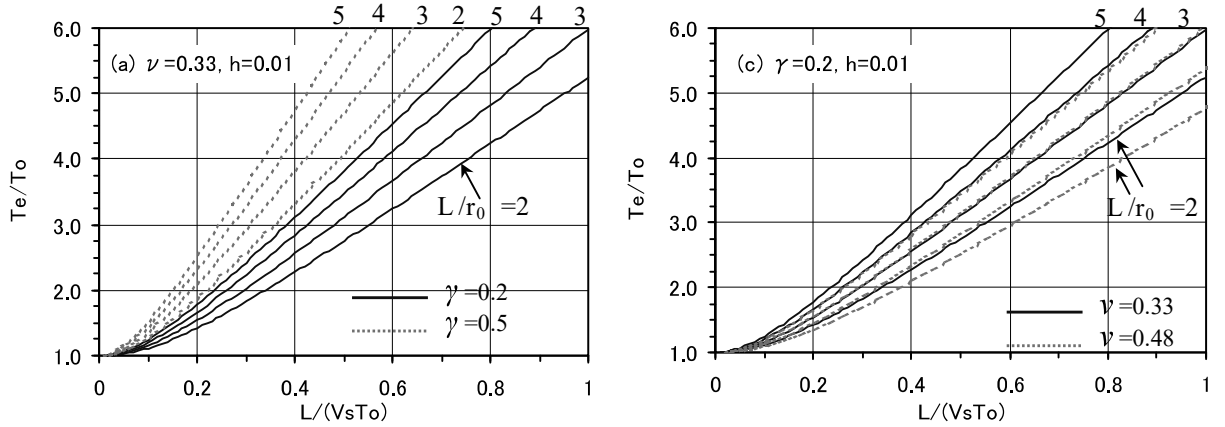
$$h_s(\omega_e) = \frac{c_H(\omega_e)}{2\sqrt{m_s k_H(\omega_e)}} = \frac{\pi \Gamma_2}{2-\nu} \rho V_s r_0^2 \frac{1}{2\sqrt{m_s k_H(\omega_e)}} \tag{6.27}$$

$$h_r(\omega_e) = \frac{c_R(\omega_e)}{2\sqrt{m_s L^2 k_R(\omega_e)}} = \frac{\pi}{2(1-\nu)} \frac{\Gamma_1^3}{12} \frac{\rho}{V_s} r_0^6 \frac{1}{2\sqrt{m_s L^2 k_R(\omega_e)}} \tag{6.28}$$

式(6.26)式右辺の括弧内第2項, 第3項は, それぞれ式(6.29), (6.30)となる.

$$h_s(\omega_e) \left(\frac{T_s}{T_0} \right)^3 = \frac{\Gamma_2}{4\pi(2-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \left(\frac{V_s T_0}{L} \right) \left(\frac{k_s}{k_H(\omega_e)} \right)^2 \quad (6.29)$$

$$h_r(\omega_e) \left(\frac{T_r}{T_0} \right)^3 = \frac{\pi \Gamma_1^3}{24(1-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \left(\frac{r_0}{L} \right)^4 \left(\frac{L}{V_s T_0} \right) \left(\frac{T_0}{T_e} \right)^2 \left(\frac{k_s L^2}{k_R(\omega_e)} \right)^2 \quad (6.30)$$


 (A) 質量比 γ の影響

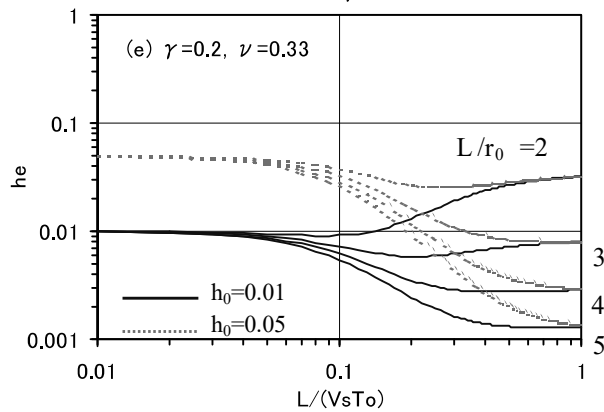
 (B) ポアソン比 ν の影響

 (C) 減衰定数 h_0 の影響

図 6.4 相互作用による固有周期と減衰定数の変化

式(6.23), (6.24), (6.29), (6.30)を式(6.26)に代入すると, 等価減衰定数 h_e と剛性比 $L/(V_s T_0)$ の関係が得られる.

$$\therefore h_e = \left(\frac{T_0}{T_e} \right)^3 \left[h_0 + \frac{\Gamma_2}{4\pi(2-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \left(\frac{V_s T_0}{L} \right) \left(\frac{2}{2-\nu} \cdot \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{V_s T_0}{L} \right)^2 \frac{L}{r_0} - \frac{\Gamma_2^2}{12} \frac{r_0}{L} \left(\frac{T_0}{T_e} \right)^2 \right\} \right) \right]^{-2}$$

$$+ \frac{\pi \Gamma_1^3}{24\pi(1-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot \left(\frac{r_0}{L}\right)^4 \left(\frac{L}{V_S T_0}\right) \left(\frac{T_0}{T_c}\right)^2 \left[\frac{1}{2(1-\nu)} \cdot \frac{1}{\gamma} \left\{ \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{V_S T_0}{L}\right)^2 \left(\frac{r_0}{L}\right) - \frac{\Gamma_1^2}{6} \left(\frac{r_0}{L}\right)^3 \left(\frac{T_0}{T_c}\right)^2 \right\} \right]^{-2} \quad (6.31)$$

以上の式(6.25)および(6.31)を用いて、パラメトリック・スタディを行った結果を図 6.4 に示す。なお、両式中の係数 Γ_1, Γ_2 は、無次元振動数 $\omega r_0/V_S=1$ において $(\nu, \Gamma_1, \Gamma_2)=(0.33, 1.227, 0.886), (0.48, 1.212, 0.912)$ である²⁾。

この図から、「慣性の相互作用」の基本的な性状として次のようなことが確認できる。

- 1) 等価固有周期の伸び率は、建物と地盤の剛性比 $L/(V_S T_0)$ および基礎半径高さ比 L/r_0 に比例して増加する。また、質量比 γ が大きいほど等価固有周期の伸び率は大きい。減衰定数も一般的には増加するが、基礎半径高さ比 L/r_0 が高い建物の場合には減少する場合もある。
- 2) 質量比 γ の影響は固有周期に対しては大きな影響を与えるが、減衰定数についてはあまり影響を与えない。
- 3) 等価固有周期の伸び率および減衰定数に及ぼす地盤のポアソン比 ν の影響はわずかである。
- 4) $L/(V_S T_0)$ が増大して地盤が相対的に柔らかくなると、等価固有周期の伸び率の逆数 T_0/T_c は小さくなるので、等価減衰定数は次第に相互作用による逸散減衰に支配されるようになる。

§ 7 多質点系スウェイ・ロッキングモデルの解析

多質点 SR モデルの応用例として、SSI を考慮した場合の建物の地震層せん断力係数の高さ方向の分布について考える。昭和 55 年建設省告示第 1793 号第 3 の A_i の算出は、文献 13 (以下、解説書) にまとめられている表 7.1 の種々の組合せが適用できることになっている。ただし、建物の 1 次固有周期 T の値を求める場合には、基礎および杭の変形を考慮することは認められていないことが法令改正により規定されている。ここでは、表 7.1 中において、SR モデルによる”固有値解析—特別な調査・研究—モーダルアナリシス”に対応する住宅都市整備公団 (現・都市再生機構) の地震層せん断力係数の算出方法¹⁴⁾ (以下、評価指針) と基礎固定モデルに”固有値解析—Rt—モーダルアナリシス”を用いた場合の算出結果の比較検討から、SSI の影響について考察を行う。

表 7.1 T, Rt, Ai の組合せ¹³⁾

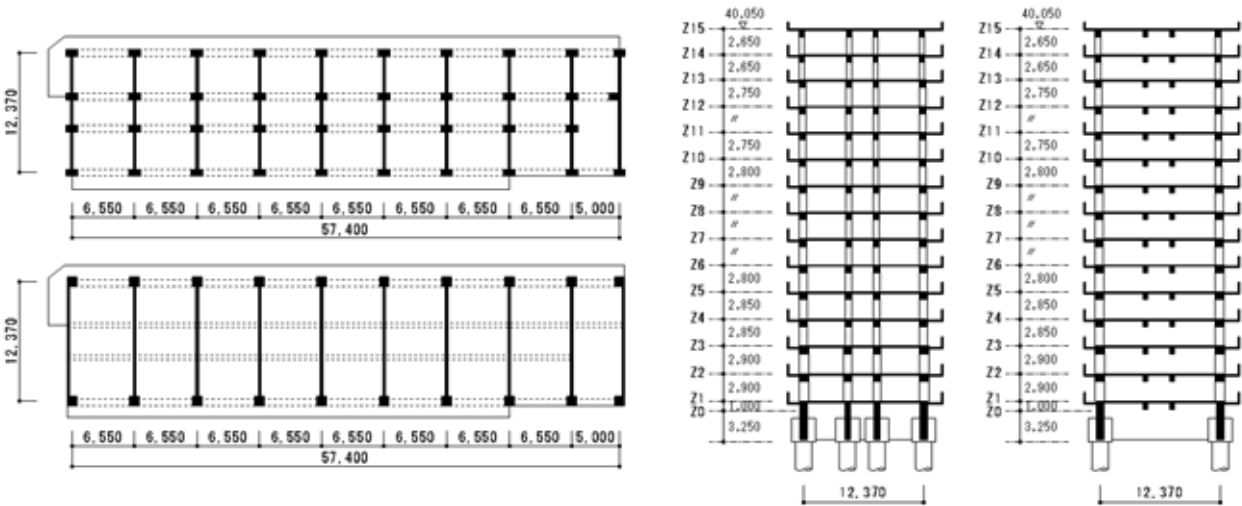
T の算定	Rt の算定	Ai の算定
昭 55 建告第 1793 号第 2 による場合 $T = h(0.02 + 0.01\alpha)$	同告示第 2 による $R_t = \begin{cases} 1 & ; T < T_c \\ 1 - 0.2 \left(\frac{T}{T_c} - 1\right)^2 & ; T_c \leq T < 2T_c \\ \frac{1.6T_c}{T} & ; 2T_c < T \end{cases}$	同告示第 3 による $A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i\right) \cdot \frac{2T}{1 + 3T}$ $\alpha_i = \sum_{j=i}^n w_j / W$
重力式による場合 $T = \frac{\sqrt{\delta}}{C}$	上式による	上式による
固有値解析による場合	上式による	上式による
	特別な調査・研究による	モーダルアナリシスによる

7.1 比較計算

文献 15 に示されている 14 階建て集合住宅のデータを用いて、現行法、基礎固定条件でのモーダルアナリシス

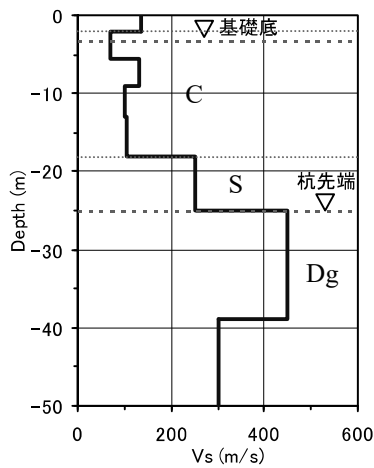
および評価指針の3種類の算出方法による地震層せん断力係数を比較する。

図 7.1 に示すような建物 3 ケース (長辺方向が純ラーメン [Type-1 : HFW 構造 4 構面, Type-2 : HFW 構造 2 構面, Type-1 : ラーメン構造 2 構面], 短辺方向が連層耐震壁構造) を対象とする。基礎底位置は GL-3.25m で、建物高さに対して約 8%埋め込まれている。また、アスペクト比は長辺方向が約 0.7, 短辺方向が約 3.2 である。計算を簡単にするために Type-1 の杭径は 1600~1900φ が用いられているが 1600φ に、Type-2~3 は 2000~2300φ であるが 2200φ に統一した。地盤モデルは同図(c)に示す層厚 25m とする。この地盤データから重複反射理論により計算した弾性時の増幅特性 (解放工学的地盤に対する地表面の値) を同図(d)に示す。これによると、地盤の初期弾性周期は、重力式¹⁶⁾では 0.686 秒, 重複反射理論では 0.725 秒と算定され 2 種地盤のうちでも比較的軟弱な地盤に分類される。

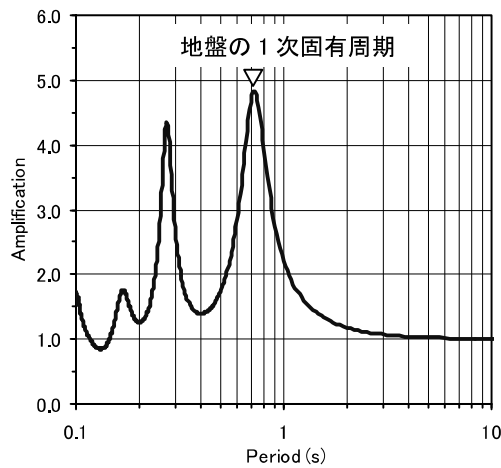


(a) 建物基準階伏図¹⁵⁾

(b) 建物短辺方向軸組図¹⁵⁾



(c) 地盤モデル¹⁵⁾



(d) 弾性時増幅特性

図 7.1 建物および地盤モデル (S: 砂質土, C: 粘性土, Dg: 砂礫)

【モーダルアナリシス】

求めるべき A_i 分布は次式で算定される (解説書, p.568)。

$$A_i = \frac{A'_i}{A'_i} \tag{7.1}$$

$$\text{ここで, } A'_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=i}^n w_m \cdot \beta_j \cdot \phi_{mj} \cdot S_a(T_j) \right)^2} / \sum_{m=i}^n w_m \quad (7.2)$$

n : 建物階数

w_m : 第 m 層の重量

$\beta_j \cdot \phi_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数

T_j : 固有値解析により得られる建物の j 次固有周期

k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする

$S_a(T_j)$: j 次固有周期 T_j に対応する加速度応答スペクトル値で, 振動特性係数 R_t 曲線を用いる

【評価指針】

相互作用を考慮した建物の i 層の設計用応答層せん断力係数 ${}_E C_i$ は次式で算定される.

$${}_E C_i = Z \cdot \lambda_1 \cdot R_t(\tilde{T}_1) \cdot \phi_i \cdot C_0 \quad (7.3)$$

ここで, Z : 地震地域係数

λ_1 : スペクトル補正係数の 1 次振動モードに対する値

$R_t(\tilde{T}_1)$: 振動特性係数

C_0 : 標準せん断力係数

ϕ_i : i 層の応答層せん断力係数の高さ方向の分布を表す係数

\tilde{T}_1 : 連成系の 1 次固有周期

ただし, 1 階におけるベースシア係数 ${}_E C_1$ が建築基準法施行令第 88 条第 1 項に与えられているベースシア係数 $Z \cdot R_t \cdot C_0$ を下回る場合は, その 75% を下限とし, 各層の応答層せん断力係数をこの割合で補正する. 建物の i 層における ϕ_i 算出用の層せん断力係数は ϕ'_i は次式で算定する.

$$\phi'_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{m=i}^{B^N} (w_m \cdot \beta_j \cdot u_{mj} \cdot \lambda_j \cdot R_t(\tilde{T}_j)) \right]^2} / \sum_{m=i}^{B^N} w_m \quad (7.4)$$

また, 高さ方向の分布係数 ϕ_i は次式で算定する.

$$\phi_i = \phi'_i / \phi'_1 \quad (7.5)$$

7.2 計算結果

施行令による地震層せん断力係数は, $T=0.02H$ ($=0.80s$), $Z=1.0$, 2 種地盤の条件で算出した. モーダルアナリシスの合成次数は 3 としている. 固有周期の比較を表 1.4.1 に示す. また, 建物の高さ方向の地震層せん断力係数の分布を図 7.2 に示す. 基礎固定モデルの長辺方向の C_i は 13~14 階で施行令より小さくなり, 高さ方向に直線的に分布しているが, 短辺方向では施行令とほぼ同一となっている.

一方, 相互作用を考慮した場合の C_i の高さ方向分布は, 直線的な分布となっているのが特徴である. 長辺方向では架構剛性の大きい Type-1 の方が Type2, 3 より層せん断力係数が小さくなっており, 相互作用効果が表れている. 短辺方向では, 架構剛性は長辺方向より大きいにもかかわらず上層部を除いて C_i は基準法のそれとほとんど同一か若干大きく評価されており, また, 3 タイプ間で大きなばらつきはないなど, 相互作用効果は小さいと言える. しかし, 基礎固定モデルと比較すると上層階の C_i は小さくなっている.

表 7.1 固有周期 (単位:s)

	基礎固定時		SR モデル	
	長辺方向	短辺方向	長辺方向	短辺方向
1	0.497	0.416	0.784	0.918
2	0.190	0.173	0.299	0.304
3	0.117	0.109	0.162	0.153

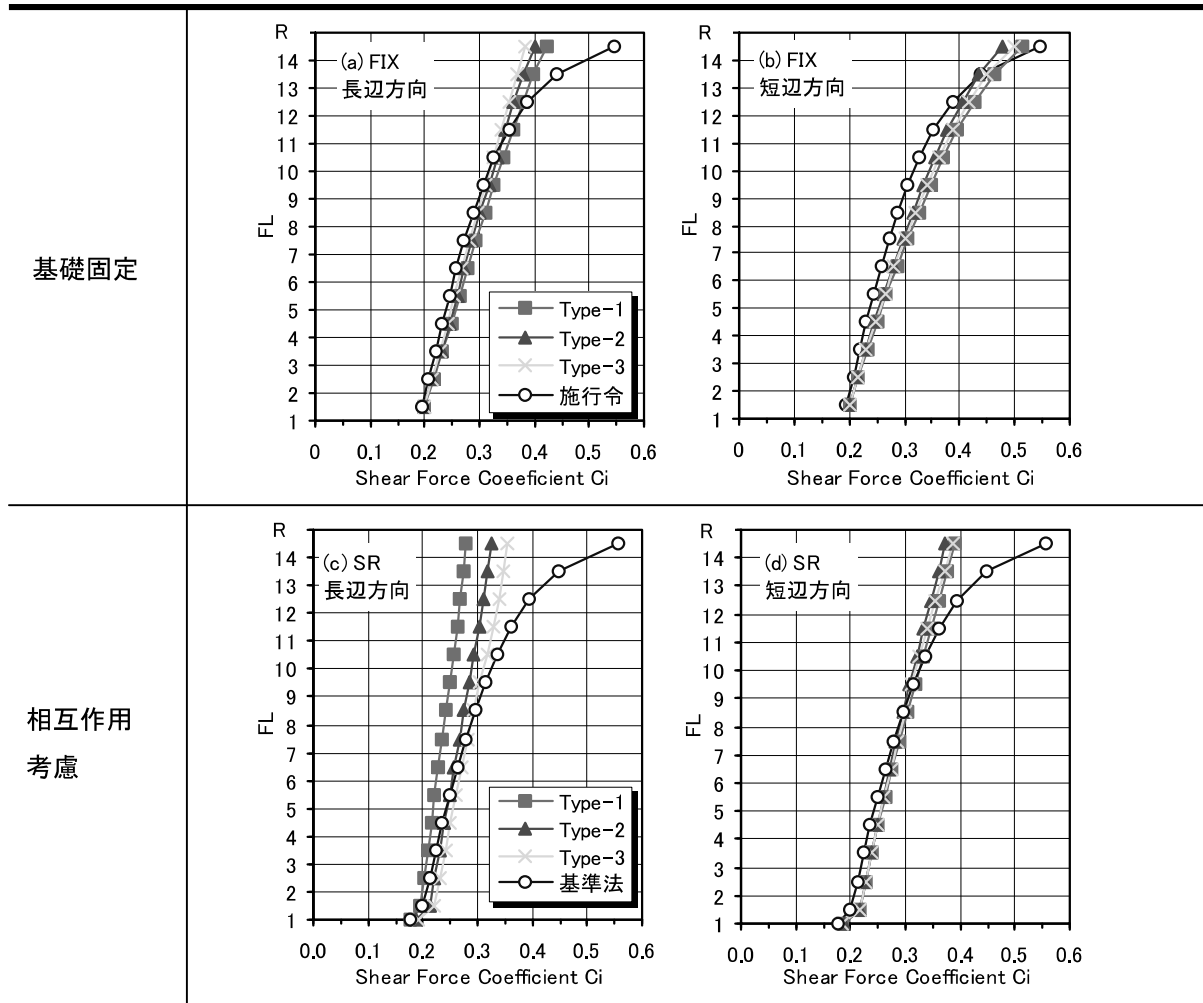


図 7.2 地震層せん断力係数の比較

図 7.3 に建物 Type-1 の 1~3 次モードの刺激関数を示す. 各刺激関数は, スウェイ, ロッキング成分に分離して示している. 建物モデルは, 長辺方向と短辺方向の動特性は大きく異なるものであり, その 1 次モードは, 長辺方向ではスウェイ・モードが, 短辺方向ではロッキング・モードが卓越していることがわかる.

これを詳しく見るために, 建物 Type-1 の各部位のモード次数ごとの歪エネルギー比率をグラフ化したものを図 7.4 に示す. 1 次モードの歪エネルギーに占める長辺方向でのスウェイ成分の比率は [地盤+杭=50.5+7.7=58.25%], 短辺方向のロッキング成分は [地盤+杭=20.6+38.8=59.4%] である. 長辺方向のスウェイ成分の減衰定数は [地盤+杭=0.0437+0.0023=0.046], 短辺方向のロッキング成分では [地盤+杭=0.0064+0.0117=0.018] となり, 大きく異なった値となる. 杭の減衰定数は地盤よりはるかに小さく規定されている(0.03 で一定)ため, 杭のロッキングが卓越する短辺方向では連成系としての等価減衰定数は小さく評価される. このため, スペクトルの低減係数 λ は 1.0 以上(=1.084)となり, 層せん断力係数はあまり低減されない結果となる. なお, 短辺方向の

2次モードでは「地盤・スウェイ」が卓越する結果から、 λ_2 は1.0以下(=0.956)となるが、 C_i は1次の λ_1 しか考慮されないため、スペクトルの低減は無視されることになる。

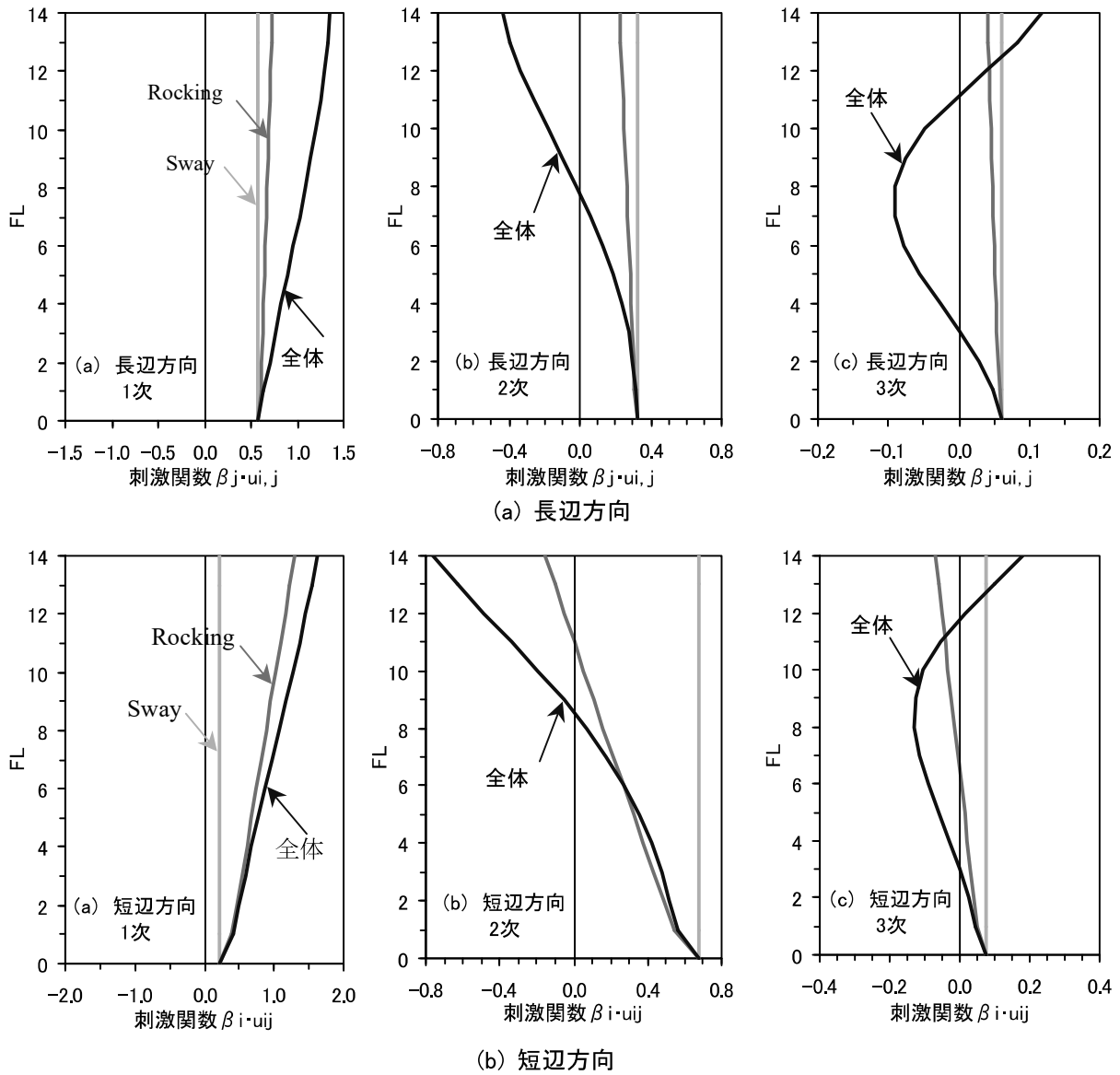


図 7.3 刺激関数(Type-1)

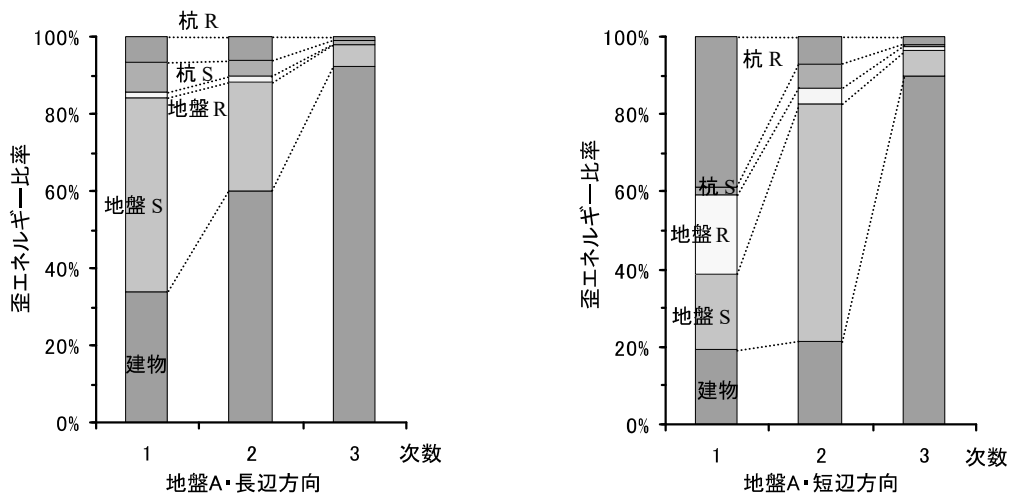


図 7.4 建物・地盤・杭の歪エネルギー比率(Type-1)(S:スウェイ, R:ロッキング)

§ 8 まとめ

以上、本報告では建物と地盤の動的相互作用を考慮する解析モデルとして、実務設計に比較的簡単に組み込むことができる SR モデルに関して、そのモデル化に際して必用となる自由地盤解析、インピーダンス解析、基礎入力動解析についてそれぞれの基本特性について述べた。また、1 質点系から多質点系に自由度を上げていった SR モデルの具体的な計算過程について考察を加えた。

現行の建物の設計用地震荷重の算定には、建物の 1 次固有周期の算出が必要であるが、その際の建物の解析モデルは基礎固定条件でなければならないことが建築基準法施行令・同告示に規定されている。しかしながら、現実的には建物は硬質あるいは軟弱地盤上に建設されるため、建物と地盤との相互作用効果の影響を必ず受けることになる。したがって、SSI の考慮が比較的簡便な SR モデルの採用によって、耐震解析モデルをより実現象に近づけることが可能となるものと考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：入門・建物と地盤との動的相互作用，1999.6
- 2) 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
- 3) 吉田望：地盤の地震応答解析，鹿島出版会，2010.10
- 4) 田治見宏：建物と地盤の相互作用，建築構造学大系 1 地震工学，彰国社，pp.66-90，1977.12
- 5) 柴田明德：最新耐震構造解析，第 2 版，森北出版，2003.5
- 6) 日本建築学会：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
- 7) 国土交通省建築研究所：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，pp.54-103，2001.3
- 8) 坂本功：地盤と建物の相互作用からみた物理的現象と力学的モデル，季刊カラム 55，新日本製鐵，pp.12-16，1975.1
- 9) 大崎順彦：地盤と構造物の相互作用，第 31 回応用力学連合講演会講演論文抄録集，pp.35-40，1981.11
- 10) 「高層建築物の構造設計実務」編集委員会：評定・評価を踏まえた高層建築物の構造設計実務—中高層・高層建築物の構造設計者が実際に行ってきた検討と判断を集大成—，日本建築センター，pp.16，2002.7
- 11) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，pp.258-263，1998.7
- 12) 大崎順彦：建築振動理論，彰国社，pp.109-110，1999.4
- 13) 国土交通省住宅局建築指導課 他監修：2007 年版建築物の構造関係技術解説書，全国官報販売協同組合，pp.567，2007.8
- 14) 住宅・都市整備公団：公団住宅地震入力評価指針・同解説，175pp.，1999.3
- 15) 沢井兆布・井上芳生・渡辺一弘：公団住棟における地震入力の評価法，第 3 回構造物と地盤の動的相互作用シンポジウム，pp.87-96，1991.10
- 16) 石山祐二：耐震規定と構造動力学，三和書籍，2008.3

呉工業高等専門学校敷地内にある建築物の床面傾き計測

(建築学分野) 仁保 裕
(元建設工学専攻) 平田悠孝
(嘱託教授) 寺岡 勝

Measurement for Inclination of Floor slabs of Buildings of Kure National College of Technology

(Faculty of Architecture and Structural Engineering) Yutaka NIHO
(Graduated Student of Advanced Course of KNCT) Yutaka HIRATA
(Temporary Professor) Masaru TERAOKA

Abstract

Both the building for Faculty of Architecture and Structural Engineering and that for Students in the Lower Grades, which are schoolhouses of Kure National College of Technology, was built on soft ground in Aga-Minami, Kure, until 1965. Due to consolidation settlement of the ground, both buildings lean and deform presently. These leaning and deformation contribute both inclination and deformation of floor slabs of the buildings. And, this inclination of floor slabs may have ill effects on students' mental and physical health.

This paper reports observed inclination of floor slabs of the two buildings and investigates effects of the inclination on students' health.

Keywords: Differential Settlement, Floor slabs, Inclination, Deformation

不同沈下, 床スラブ, 傾き, たわみ

1. 目的

呉市阿賀南の沿岸埋立地上にある呉工業高等専門学校(以下、呉高専)は昭和39年に開校した。開校当時の校舎は現在の管理棟と普通教室棟の2棟であった(Photo 1(a))。昭和40年には現在の建築学科棟と電気情報工学科棟が完成した(Photo 1(b))。この際、普通教室棟の増築もあわせて行われている。上記の4棟は全て3階建て鉄筋コンクリート造(以下、RC造)であり、平面および立面ともに類似したものとなっている。また、後述する理由により、基礎は摩擦杭を併用した直接基礎となっている。

呉高専敷地の地盤調査結果¹⁾によれば、敷地の下には厚さ30mの軟弱な粘土層が広がっているとされる一方、上記4棟の建設当時において30mもの厚さを打ち抜く基礎杭が一般的に使用されていなかった。このため、これらの建築物すべてについて、摩擦杭を併用した直接基礎が使用されており²⁾、このことが現在における不同沈下の原因となっている。さらに、この不同沈下に起因し、建築物の構造耐力上主要な箇所に損傷が発生している可能性も指摘されている^{3,4)}。

さて、土橋ら⁵⁾によれば、床スラブのたわみが床スラブの短辺長さの200分の1以上であると苦情発生件数が



(a) in 1964

(b) in 1966

Photo 1 Aerial Photographs of Kure National College of Technology

急激に増加するとされる。これを踏まえ、現行の鉄筋コンクリート設計規準⁶⁾には床スラブの長期たわみが250分の1となるようにスラブ厚さを決めることが定められている。一方で昭和40年当時の鉄筋コンクリート造設計規準⁷⁾において、たわみに関連したスラブ厚さの制限は明記されていない。

以上より、呉高専管理棟、普通教室棟ならびに昭和46年に完成した環境都市工学科棟を除く学科棟では、不同沈下に起因する建築物の傾きと変形ならびに床スラブのたわみにより、教室の床が傾いている可能性が高いと言える。この件に関して床面の傾いた室内で生活する居住者が身体的もしくは精神的な不調を訴えるケースがあることが知られている^{8,9)}。北原ら⁸⁾によれば、床面の傾きが1°未満であればその傾きが居住者の心身に与える影響は殆どない一方、2°以上であれば頭がふらふら

する感じや眩暈感、疲労感などを感じる居住者が表れるとされる。一方、宇野ら⁹⁾は床面の傾きが 1.3° の場合において上述の眩暈感などを感じる居住者が表れることを示している。

以上の背景により、建築学科棟の床面傾き計測ならびに建築学科 4 年生と同 5 年生を対象とした住みやすさに関するアンケート調査が実施されている¹⁰⁾。この結果によれば、建築学科棟の床面は不同沈下と床スラブのたわみに起因して傾いているものの、その傾きは学生の心身に影響を及ぼすほどのレベルにはないことが示されている。本報告はこの結果を踏まえ、普通教室棟についても同様に床面鉛直変位を計測し、その結果から傾きとたわみを計算する。さらにこれらの傾きとたわみが学生の心身に影響を及ぼすレベルにあるかどうかを分析する。

なお、本報告は文献 10) に示されている結果に新たな知見を合わせ、再構築したものであることを付記する。

2. 建築物

2.1 地盤

Fig.1 に呉高専敷地の地盤を示す。過去の地盤調査資料¹⁾によると地表から 1m は埋立層であり、その下には約 8.5m の砂層がある。さらにその下には粘土層が約 25m の層をなしている。粘土層の下は N 値 50 以上の砂礫層である。埋立層および砂層の N 値は平均で 7 である。粘土層の N 値は平均で 2 である。この粘土層の圧密沈下により建築学科棟が不同沈下していると考えられている^{3,4)}。

2.2 建築学科棟

建築学科棟の断面図、平面図および立面図をそれぞれ Fig.2, 3 および 4 に示す。建築学科棟は昭和 40 年に竣工した 3 階建 RC 造建築物であり、構造形式は一部に耐震壁を有するラーメン構造である。長辺長さとは短辺長さはそれぞれ、60m と 9.5m であり、高さは 13.5m である。設計当初より粘土層の圧密沈下によって建築学科棟が沈下すると予想されたため、沈下対策として 2 階床スラブ

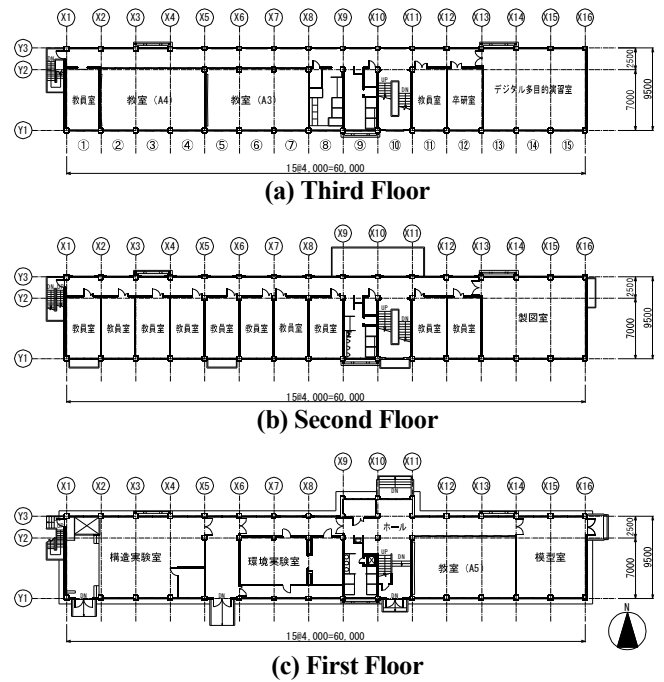


Fig.3 Floor Plans of the Building for the Faculty of Architecture and Structural Engineering

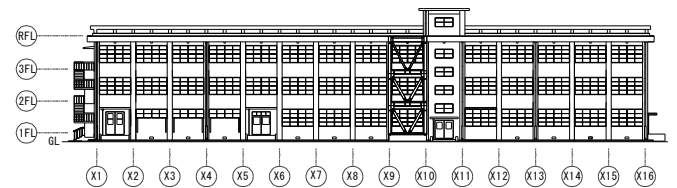


Fig.4 South Elevation of the Building for the Faculty of Architecture and Structural Engineering

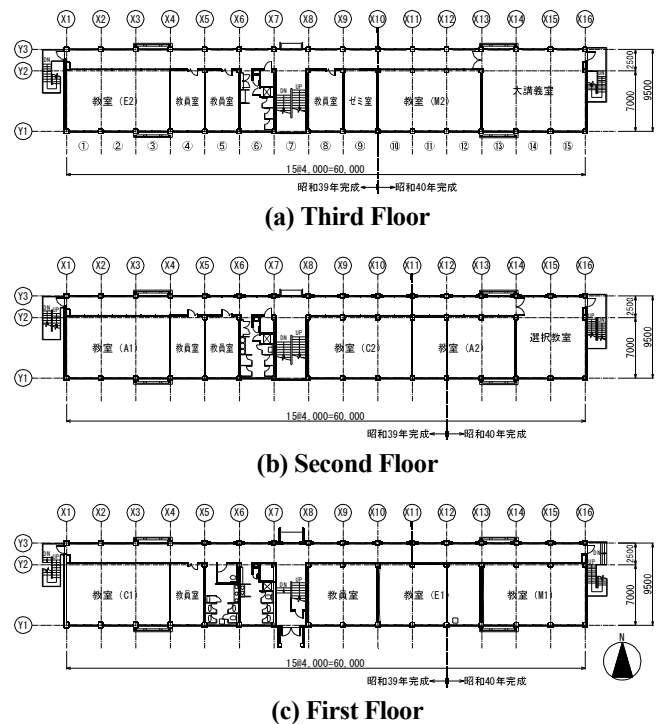


Fig.5 Floor Plans of the Building for Students in the Lower Grades

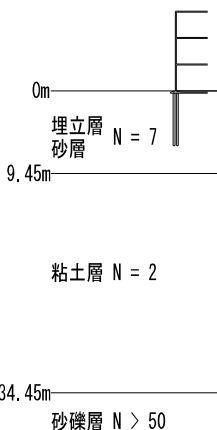


Fig.1 Section of the Ground

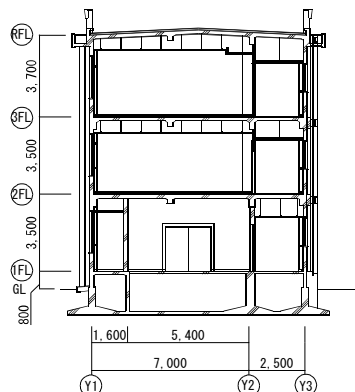


Fig.2 Section of the Building

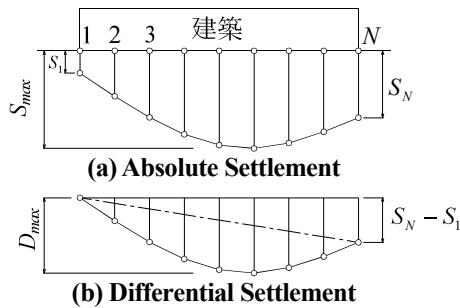


Fig.6 Definition on Differential Settlement

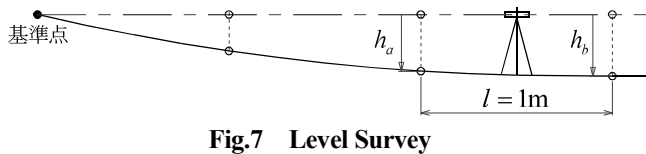


Fig.7 Level Survey

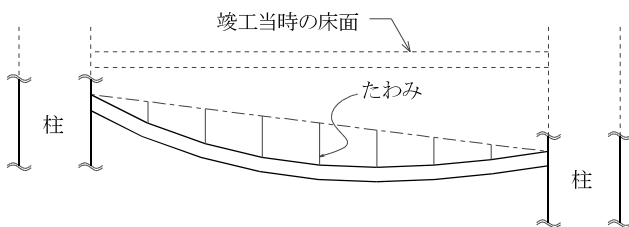


Fig.8 Definition on Deflection of Floor Slab

より上の部分を軽量コンクリート製（基準強度 1.76kN/m^2 ）としている。なお、構造計算書によれば床スラブ厚さは 130mm である²⁾。設計当時、 30m を越える杭を打設する技術がなかったことから基礎は長さ 6m の摩擦杭を併用した直接基礎となっている。その後、 2001 年の改修工事により、耐震スリットやブレース等の耐震補強が施されている。

2.3 普通教室棟

普通教室棟の平面図を Fig.5 に示す。先に述べたとおり、普通教室棟は昭和 39 年に一部が完成し、昭和 40 年に増築され、現在の形となった (Fig.5 参照)。この他、構造形式、建築物規模等は建築学科棟と同じである。

2.3 不同沈下の定義¹¹⁾

建築物が Fig.6(a) のように沈下した場合において測点 $1 \sim N$ の沈下量を絶対沈下量と呼ぶ。しかしながらこの絶対沈下量の測定は困難であり、よって通常では任意の測点を便宜的に沈下量 0 として表した沈下量を測定すると思われる (Fig.6(b))。この任意の測点を基準として表した沈下を不同沈下と呼ぶ。

3. 計測および計算

3.1 床面の変位量計測

建築物の沈下量と同様に竣工当時から現時点までにおける床面の変位量は計測できないため、床面の任意の点を基準とした変位量を計測する (Fig.7)。測点は建築物

床面上に東西方向と南北方向それぞれに対して 1m 間隔で設置する。測点は建築物一つにつき約 1400 個である。計測にはテレスコープレベルを用いる。なお、上記の計測方法によれば変位量に床仕上げの施工精度が影響する¹²⁾と考えられるが、本研究において床仕上げ材の厚さは計測しない。従って、計測された変位量には床仕上げ材の施工精度も影響していることになる。

上記の水準測量を建築学科と普通教室棟において実施した。実施年月は建築学科が 2010 年 8 月、普通教室棟が 2012 年 8 月である。

3.2 床面の傾き

床面の傾き θ は次式で計算される。ただし、 h_a と h_b は隣り合う二つの測点の変位量である。また、 l は測点間距離であり $l = 1\text{m}$ である。

$$\theta = \frac{h_a - h_b}{l} \quad (1)$$

3.3 床スラブのたわみ

床スラブのたわみはスラブ両端を結ぶ直線を基準とした相対的な変位量により表す (Fig.8 参照)。

4. 計測結果ならびに考察

4.1 建築物の不同沈下

建築物全体の傾きを把握するため、床面の変位量計測に先立ち柱位置における不同沈下量を計測した。Fig.9 に柱位置における不同沈下量を示す。なお、不同沈下量の基準点は、それぞれ建築学科棟では建築物南東隅の柱位置、普通教室棟では建築物南西隅の柱位置である。

建築学科棟と普通教室棟はともに南側よりも北側の沈下量が多い。特に普通教室棟では北側の沈下量が南側のそれより 100mm 程度大きいことがわかる。また、両者とも建築物両端の沈下量よりも建築物中央の沈下量が大きく、いわゆる中くぼれ型の不同沈下となっている。

建築学科棟では東端より西端の沈下量が多い一方、普通教室棟では東端の沈下量が多い。従って、建築学科棟は北西に傾いている一方、普通教室棟は北東に傾いていると考えられる。

二つの建築物について、ともに北側が大きく沈下している原因は不明であるものの、文献 3) によれば、建築学科棟建設時に棟の北側に工事車両の通路があったことが、建築学科棟において北側が大きく沈下した原因の一つであるとされている。

Fig.10 は次式で計算される柱間の変形角 ϕ である。ただし D_i は i 番目の柱位置における不同沈下量であり、鉛直下向きを正とする。 L は柱間距離であり 4m である。

$$\phi = \frac{D_{i+1} - D_i}{L} \quad (2)$$

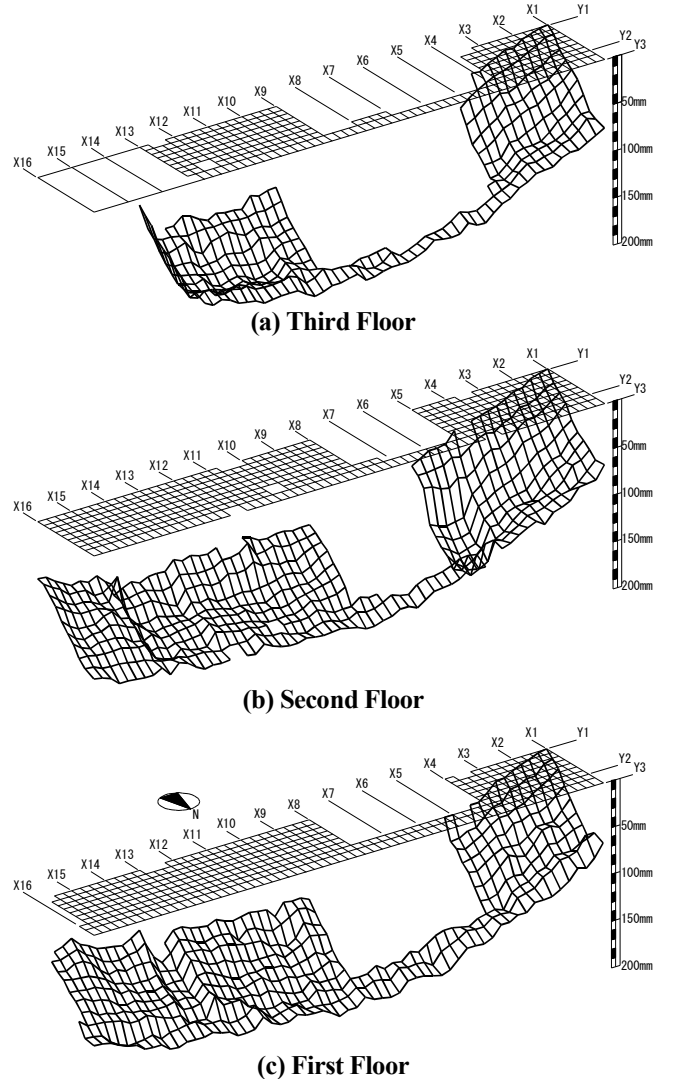
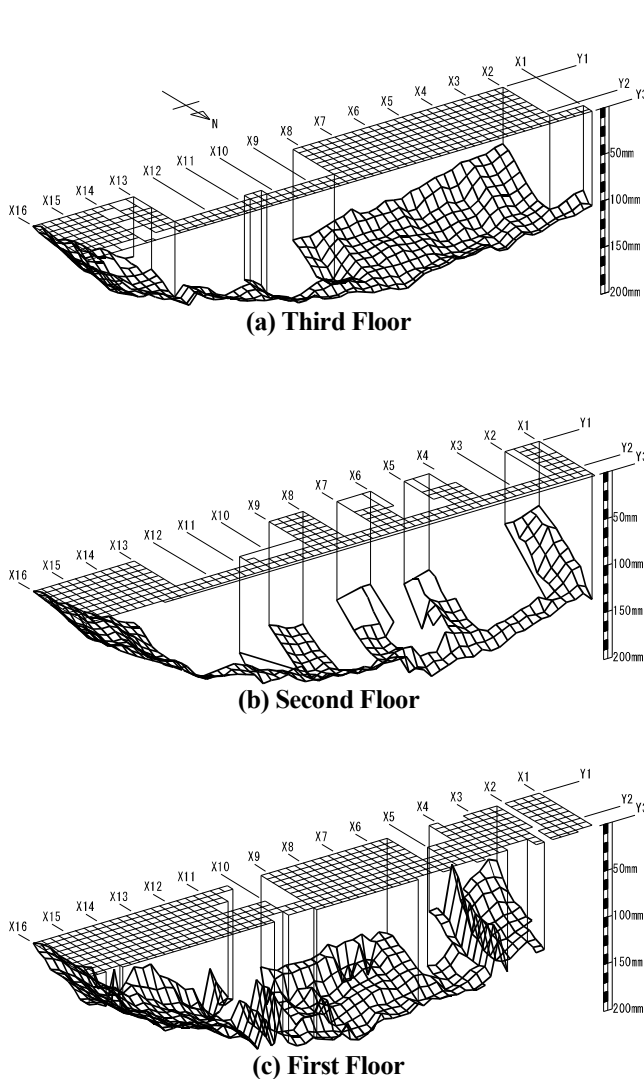
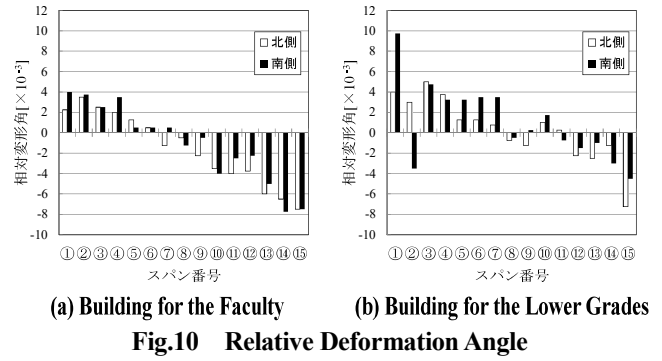
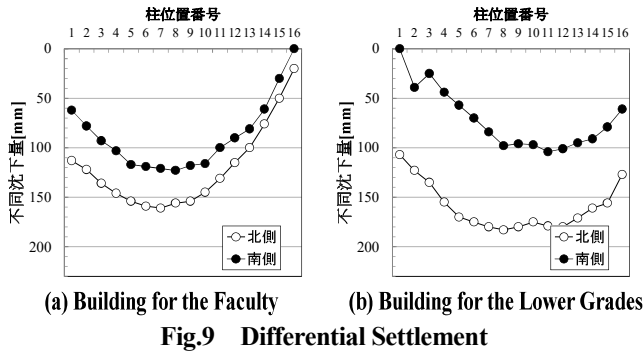


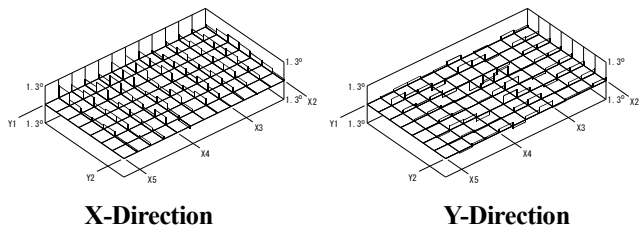
Fig.10 より、建築物の東西両端において変形角が大きく、中央付近における変形角は比較的小さい。このことは建築物東西両端において不同沈下に起因する傾きが特に大きいことを意味する。

4. 2 建築物の床面の変位量

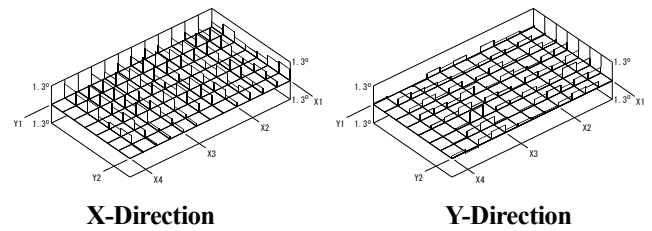
Fig.11 に建築学科棟の床面の変位量を示す。同じく、Fig.12 に普通教室棟の床面の変位量を示す。なお、図のなかに空白部分が見受けられるが、これは家具の移動が

困難であるなどの理由により測点を設置できなかった部分である。

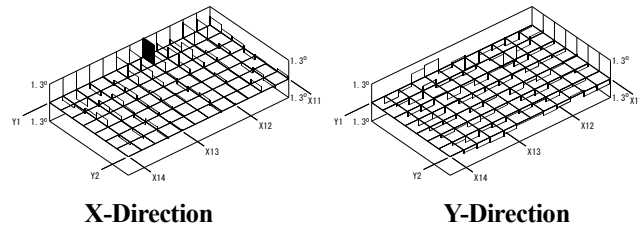
これら変形図を Fig.9 を比較すると床面全体の變形は建築物の不同沈下モードに類似していることがわかる。併せて床スラブのたわみが原因と考えられる變形も一部見られる。従って、教室の床の傾きには不同沈下だけでなく、床のたわみも影響していると考えられる。



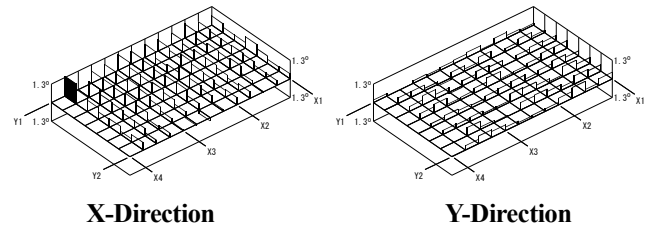
(a) Classroom for A4



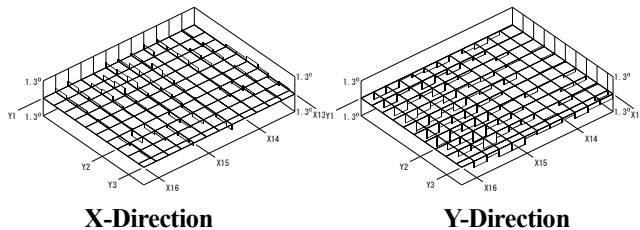
(a) Classroom for E2



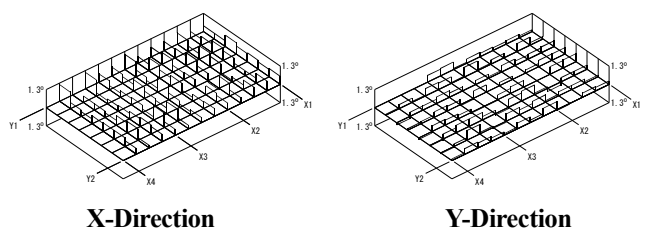
(b) Classroom for A5



(b) Classroom for A1



(c) Computer Room



(c) Classroom for C1

Fig.13 Diagrams for Inclination of Floor Slabs (Building for the Faculty)

Fig.14 Diagrams for Inclination of Floor Slabs (Building for Students in the Lower Grade)

4. 3 床面の傾き

Fig.13 に建築学科 5 年教室, 建築学科 4 年教室およびデジタル多目的演習室それぞれの床面の傾きを示す。これら 3 つの教室は建築学科棟の東西両端に位置し, なおかつ学生の使用頻度が比較的高い教室である。

Fig.14 に電気情報工学科 2 年教室, 建築学科 1 年教室ならびに環境都市工学科 1 年教室それぞれの床面の傾きを示す。これら 3 つの教室は普通教室棟の西端に位置するため, 床の傾きが特に著しいと考えられる教室である。なお, Fig.13 と Fig.14 に見られる黒塗りの箇所は傾きが 1.3° 以上であったことを意味する。

Table 1 に傾きの最大値を示す。この表によれば, 建築学科 5 年教室と建築学科 1 年教室において, 東西方向

の傾きが 1.3° より大きい。一方で, Fig.13 と Fig.14 によれば, 傾きが 1.3° より大きい箇所はそれぞれ 1 つずつである。他の教室については, どの箇所においても傾きは 1.3° より小さい。

ところで 2010 年に建築学科 4 年生と 5 年生を対象とした, 教室の住みやすさに関するアンケートが実施されている¹⁰⁾。その結果によれば, ほぼすべての回答者は床が傾いていることを感じている一方, ほぼすべての学生が在室中にふらふらする感じや眩暈を覚えたことがないと回答している。よって建築学科 5 年教室と建築学科 4 年教室において, 学生の心身に悪影響を及ぼすほど大きな傾きは存在しないと考えられる。

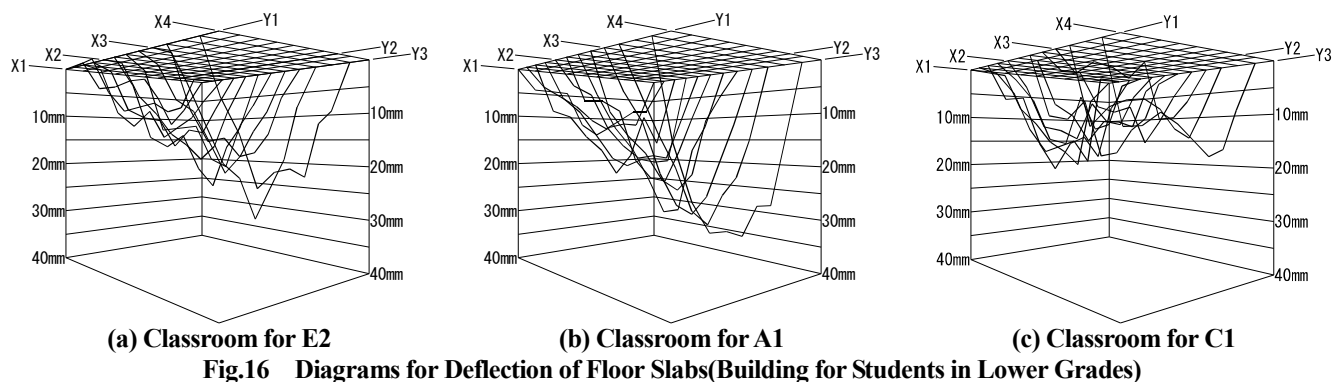
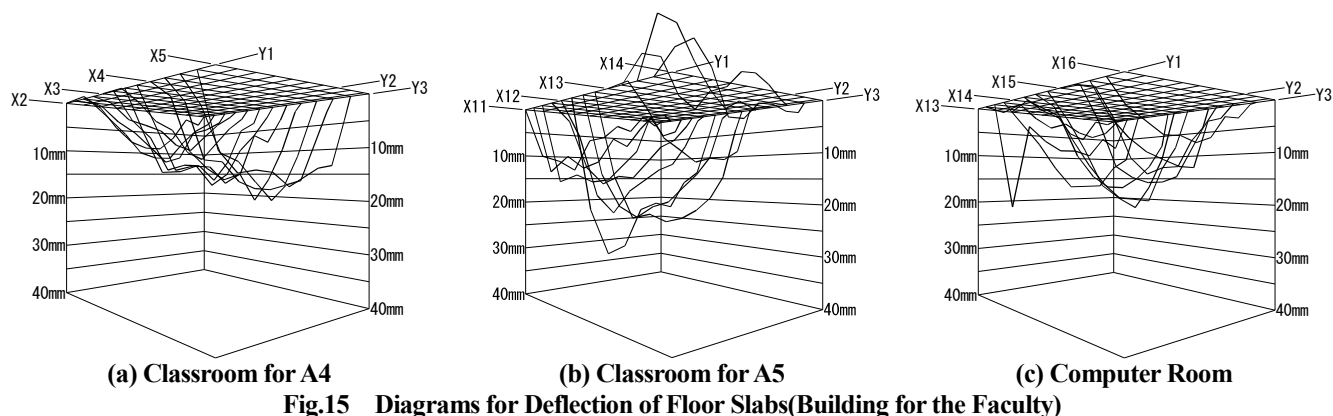
この考察を踏まえつつ, Fig.14 と Table 1 を見れば, 電気情報工学科 2 年教室, 建築学科 1 年教室ならびに環境都市工学科 1 年教室においても, 床の傾きは学生の心身に悪影響を及ぼすほどのレベルには至っていないと推測される。無論, この点については, 今後, アンケート調査等により直接的に確認する必要がある。

4. 4 床スラブのたわみ

Fig.15 に建築学科棟床スラブのたわみをグラフとして示す。同じく, Fig.16 に普通教室棟床スラブのたわみをグラフとして示す。どちらの棟についても床スラブの長

Table 1 Maximum of Inclination of Each Room Floor

棟	教室名	傾き最大値[degrees]	
		南北方向	東西方向
建築学科棟	A4 教室	0.86	0.69
	A5 教室	1.38	0.80
	デジタル多目的演習室	0.52	0.86
普通教室棟	E2 教室	1.09	0.80
	A1 教室	1.38	0.80
	C1 教室	1.26	0.69



さは9.5mであり、その200分の1は48mmとなる。

これらの図から確認されるように、たわみは48mmよりも小さい。従って、上記の各教室における床スラブのたわみはスラブ長の200分の1よりも小さい。

5. まとめ

本報では、呉高专建築学科棟と普通教室棟について、それらの床面の鉛直変位量を測定し、測定結果に基づいて傾きと床スラブのたわみを計算した。得られた知見を以下に示す。

- ・ 床面の傾きの角度が 1.3° よりも大きい箇所はほとんどなく、よって建築学科棟ならびに普通教室棟の床面の傾きは学生の心身に影響を及ぼすほどのレベルではないと推測される。
- ・ 建築学科棟と普通教室棟について各室の床スラブのたわみは床スラブ短辺長の200分の1よりも小さい。

<謝辞>

本研究に関する計測および図表作製に関して、呉工業高等専門学校建築学科2010年度卒業生の奥伸之氏、國生尚志氏、小島敬司氏ならびに安田祥子氏、同学科2012年度卒業生の伊藤丈一郎氏、胡子一輝氏、岡田雅志氏、土井丸拓人氏ならびに中川啓祐氏にご協力いただきました。また、資料閲覧に当たり、呉工業高等専門学校施設系の皆様にご協力いただきました。ともに深く感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 呉工業高等専門学校第2体育館用地地質調査工事報告書：1980年9月
- 2) 呉工業高等専門学校構造計算書：1964年8月
- 3) 遠山誉，根角知志，山田竜也：自己歪応力による鉄筋コンクリート構造物の損傷調査および検討：2007年度呉工業高等専門学校建築学科卒業論文
- 4) 小林稔，坂口知秀，佐藤稔，福田康彦：自己歪応力によるRC構造物の損傷の調査および評価：2006年度呉工業高等専門学校建築学科卒業論文
- 5) 土橋由造，井野智：大撓みをもつ鉄筋コンクリート障害床スラブの実態調査とその対策：日本建築学会論文報告集，第272号，1978年10月
- 6) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—：日本建築学会，1999年11月
- 7) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説：日本建築学会，1962年11月
- 8) 北原正章，宇野良二：傾斜室における眩暈と平衡：耳鼻咽喉科臨床，第58巻第3号，1958年3月
- 9) 宇野秀隆，遠藤佳宏：人の平衡感覚に関する研究：日本建築学会計画系論文集第490号，1996年12月
- 10) 仁保裕，寺岡勝，奥伸之，小島敬司：呉高专建築学科棟における床面の傾き調査：呉工業高等専門学校研究報告，第73号，2011年10月
- 11) 西村光正，芳賀保夫：呉高专における地盤沈下と建築物の不同沈下について：呉高专35周年記念学術論文集，2000年
- 12) 清和四士：床面平坦度の実測例：日本建築学会中国支部研究報告，1970年10月

シルヴィア・プラスとテッド・ヒューズ

—「ウサギ捕り」(“The Rabbit Catcher”)についての比較文化的考察—

(人文社会系分野) 上杉裕子

Sylvia Plath and Ted Hughes — A Consideration on “The Rabbit Catcher”: From a Perspective of the Comparative Cultures —

(Faculty of Humanities and Social Sciences) Yuko UESUGI

Abstract

An original version of this paper was presented at Shudo Junior and Senior High School Bulletin 2011, and was also presented at the symposium with the reformed title at the Chu-Shikoku American Literature Society Winter Conference 2012. I drastically rewrote these original versions, trying to pursue the new perspectives.

Sylvia Plath and Ted Hughes met dramatically and got married soon after. Passionately exchanging the creative ideas about making poems, they gave incredibly great influences on each other both privately and professionally. This thesis focuses on their same titled poems, “The Rabbit Catcher”, especially from the comparative cultures’ points of view. Both of the different cultural backgrounds can give their poems not only the cultural context but also the colonial context.

Key Words: making poems, “The Rabbit Catcher”, the comparative cultures, the cultural contest, the colonial context

詩作、「ウサギ捕り」、比較文化、文化的文脈、植民地的文脈

1. はじめに

「この世で最も強い男性に出会った」(“I met the strongest man in the world,”)(LH 233)とアメリカ女性詩人シルヴィア・プラス(Sylvia Plath, 1932–1963)は、1人の男性との出会いに感激し、興奮冷めやらぬ様子で、母親宛ての手紙に綴っている。その男性とはイギリス詩人テッド・ヒューズ(Ted Hughes, 1930–1998)である。結婚後、プラスは良き妻として夫に尽くし、夫に対して憧れや畏敬の念を抱きながらも、その反面、心の中では憎しみ、嫉妬を募らせ、抑圧に対する怒りを燃やしていた。夫は彼女にとってライバル、支援者、亡き父の代理父といったさまざまな顔を持ち合わせていたが、中でも詩作におけるメンターとしての役割は非常に重要である。ヒューズがプラスの詩作にもたらした影響の大きさは測り知れず、ヒューズ無しには現在のプラスの名声はなかったであろうと言っても、過言ではない。

結婚生活が破綻し、プラスが自殺した後、ヒューズは長い間沈黙していたが、自らの死の直前、その沈黙を破り、25年以上の歳月を費やした労作『誕生日の手紙』(*Birthday Letters* 1998)を出版した。これは亡き妻プラスとの出会いから壮絶な別れ、7年間の結婚生活を追憶し、応答なき彼女に「語りかける」88篇の連作詩である。彼の人生の集大成とも言え、彼の最期の出版物となった。彼は自己弁護のために書いたのではなく、自分の詩の中に彼女の詩の言語を織り込みながら、いかに二人の精神的結びつきが強かったかを実証したかったように思われる。

本論文では、プラスの「ウサギ捕り」("The Rabbit Catcher")と『誕生日の手紙』に書かれたプラスの詩と同名の応答詩「ウサギ捕り」("The Rabbit Catcher")に特に焦点を絞り、互いに英米という異文化に生きてきた二人による英米異文化的要素について論じ、比較文化的考察を試みたい。互いに高い目的に向かって邁進していった二人の詩人の姿を浮き彫りにしつつ、異文化的要素への反応からくる心的葛藤がいかにかに創作に表象されていったのか、そしてその結果何がもたらされたのかについて提示したい。

2. プラスの「ウサギ捕り」

まずプラスの「ウサギ捕り」("The Rabbit Catcher" CP)を取り上げよう。これはウサギを罠にかけて捕まえることに対して、いかに彼女が批判的であるかがわかる詩である。

It was a place of force—

The wind gagging my mouth with my own blown hair,

Tearing off my voice, and the sea

Blinding me with its lights, the lives of the dead

Unreeling in it, spreading like oil.

それは力の場所だった—

風が私自身の吹き飛ばされる髪で口にさるぐつわを

噛ませ私の声を引き裂く。そして海は

その光で私の目をくらませ、死者の生命が油のように

広がっていく。その中で解き放たれて。

I tasted the malignity of the gorse,

Its black spikes,

The extreme unction of its yellow candle-flowers.

They had an efficiency, a great beauty,

And were extravagant, like torture.

私はハリエニシダの悪意を味わう。

その黒く鋭く尖ったところ

黄色のロウソクの花の最高の塗り油。

効能があり、偉大な美しさがある。

そして拷問のように、無茶だった。

There was only one place to get to.

Simmering, perfumed,

The paths narrowed into the hollow.

And the snares almost effaced themselves—

Zero, shutting on nothing,

行き着くところはひとつだけ。

ぐつぐつ煮えたり、芳香に満たされ

小道が狭まってくぼみになった

そして罠はほとんど姿を消した—

何も締め付けていない

Set close, like birth pangs.

The absence of shrieks

Made a hole in the hot day, a vacancy.

The glassy light was a clear wall,

The thickets quiet.

誕生の激痛のようにぴったりと並んで置かれ

金切声のなさは

暑い日に穴を、空虚を作った。

ガラスのようなライトは澄んだ壁。

藪は静か。

I felt a still busyness, an intent.

I felt hands round a tea mug, dull, blunt,

Ringling the white china.

How they awaited him, those little deaths!

They waited like sweethearts. They excited him.

私は静かな忙しさ、ある意図を感じた。

ティー・マグを囲む手が鈍く不躰に

白い陶器を鳴らすのを感じた。どんなに手が

彼を待っていたことか。これらの小さな死！

手は恋人のように待った。彼を興奮させた。

And we, too, had a relationship—
Tight wires between us,
Pegs too deep to uproot, and a mind like a ring
Sliding shut on some quick thing,
The constriction killing me also.
(*"The Rabbit Catcher" CP 1-6*)

そして私たちにも関係があった—
私たちの間にピンと張りつめた針金、
引き抜くことのできない深い杭、素早く動く
ものをさっと締めつける輪のような心。
そのくびれは私もまた殺してしまう。

イギリスのムーアで髪がさるぐつわのように口を覆い、強風にあおられている「私」の状況は、何も言わせてもらえない拷問にあっている状況、弱者として暴力を受けている状況を示唆する。そんな中、「私」は罠の残酷さ、悪意を知ることとなる。その罠は目に見えないところで、まだ獲物をかけず置かれていた。「ティー・マグを囲む手が鈍くぶしつけに／白い陶器を鳴らすのを感じた」(I felt hands round a tea mug, dull, blunt, / Ringing the white china. " 5)という表現により、手が罠にたとえられており、ティー・マグを持つ二人の間に緊迫した関係が浮かび上がる。「誕生の激痛のようにぴったりと並べて置かれる」('Set close, like birth pangs' 4)罠は、スティーブソン(Stevenson)が指摘しているように「残酷であるだけでなく、避けられないが抵抗することのできない結末の恐ろしい象徴」(Stevenson 244-45)である。第6連では、ウサギ捕りの罠の残酷さが、二人の結婚生活の亀裂を象徴している。ワグナー・マーティン(Wagner-Martin)は草稿段階においてこの詩が「罠」("Snares")であった(Wagner-Martin 205)ことを指摘しており、プラスはウサギ捕り用の罠にこだわりを持っていた。「私たちの関係」を罠とウサギの関係にオーバーラップさせ、「私」の死に対する恐怖が罠に表象され、「罠のピンと張りつめた針金」('Tight wires between us' 6)、「引き抜くことのできない深い杭」('Pegs too deep to uproot, 6)という表現となっているのだ。二人の結婚生活の実態そのものが、ウサギ捕りの罠に具現化され、詩の最初にある「力の場所」とは、ウサギを捕る荒野のみならず、家庭そのものをも示唆しているのである。

ここで二人の田舎生活に対する意見の相違について、伝記的な事実を照合したい。プラスが「ウサギ捕り」を書いたのは1962年だが、実はその6年前に母への手紙で、二人が散歩中に、ヒューズが子をはらんでいるウサギを殺したエピソードについて、次のように語っている。

Ted, a dead-eye marksman, shot a beautiful silken rabbit, but it was a doe with young, and I didn't have the heart to take it home to make a stew of it. (LH 269)

テッド、全く正確な射撃の名手は美しい絹のようなウサギを撃った。でもそれは子をはらんだメスで、私はそれを家に持ち帰ってシチューを作る気になれなかった

批評家レイモンド(Raymond)はプラスが「ヒューズを領土、風景の支配者として描き」(189)、1度の流産と2度の出産を経験した後書かれた詩として伝記と詩の関係性についても触れている。ウサギ捕りに関しては、文化的相違だけでなく、子をはらんだウサギを殺したことで、女という共通の肉体メカニズムを持つウサギと彼女自身の間の距離が縮まり、接点生まれ、その反対に、死んだ目の射撃の名手に対して相容れない距離や差異が生まれているようだ。残酷な状況の下で、抑圧された女性性を表象する犠牲者としての詩人が浮き彫りになっている。

3. ヒューズの「ウサギ捕り」

もうひとつの伝記的エピソードが、ヒューズによる同名の詩「ウサギ捕り」("The Rabbit Catcher" *BL*)に克明に描かれている。前述の通り、プラスの「ウサギ捕り」に呼応するこの詩は、伝記的な事実の時系列に沿って、二人の感覚のずれの根本に何があったかを解き明かしてくれる。

It was May. How had it started? What
Had bared our edges? What quirky twist
Of the moon's blade had set us, so early in the day,
Bleeding each other? What had I done? I had
Somehow misunderstood. Inaccessible
In your dybbuk fury, babies
Hurled into the car, you drove. We surely
Had been intending a day's outing,
Somewhere on the coast, an exploration—
So you started driving.

What I remember

Is thinking: She'll do something crazy. And I ripped
The door open and jumped in beside you.
So we drove West. West. Cornigh lanes
I remember, a simmering truce
As you stared, with iron in your face,
Into some remote thunderscape
Of some unworldly war. I simply
Trode accompaniment, carried babies,
Waited for you to come back to nature.
We tried to find the coast. You
Raged against our English private greed
Of fencing off all coastal approaches,
Hiding the sea from roads, from all inland.
You despised England's grubby edges when you got there.
That day belonged to the furies. I searched the map
To penetrate the farms and private kingdoms.
Finally a gateway. It was a fresh day.
Full May. Somewhere I'd bought food.
We crossed a field and came to the open
Blue push of sea-wind. A gorse cliff,
Brambly, oak-packed combes. We found
An eyrie hollow, just under the cliff-top.
It seemed perfect to me. Feeding babies,
Your Germanic scowl, edged like a helmet,
Would not translate itself. I sat baffled.
I was a fly outside on the window-pane
Of my own domestic drama. You refused to lie there
Being indolent, you hated it.
That flat, draughty plate was not an ocean.

5月だった。それはどのようにして始まったのか？
何が僕たちの危機を明らかにしたのか？
どんな月の刃の気まぐれな湾曲が僕たちにあの日
あんな早い時間に互いの血を流させたのだろうか？
僕が何をしたのか？僕はとにかく誤解していた。
君の悪霊に取り憑かれたような怒り
に近よりがたく、子供たちを車に放り込み、
君は運転した。僕たちは確かに日帰りの遠足を
計画していた。どこか海岸に、探検に—
それで君は運転し始めた。

僕が思い出すのは

考えたことだ。彼女は何か狂ったことをしそうだ。
僕はドアを引き開け君の隣に飛び乗った。
そして僕たちは西に向かって車を走らせた。西に。
コーンウォール方向の小道を僕は覚えている。
君が鉄のような表情をして
何か内なる戦いのどこか遠い落雷の風景を
見つめていた時のぐつぐつ煮えるような小休止を。
僕はただ子供たちを抱えてついて歩き、
君が元に戻るのを待った。僕たちは
海岸を探そう努めた。君は、
激怒した。道路から、あらゆる内陸から、海を隠し、
全ての海岸沿いの接近を囲う
僕たち英国人の私的食欲さに対して。
到着した時、君は英国の汚い岬のはずれを軽蔑した。
あの日には怒りの1日だった。僕は地図を調べた。
農場と個人の領土を通るために。
ついに入出口があった。爽やかな日。
5月の真盛り。僕はどこかで食べ物を買った。
僕たちは野原を横切り、海風が
青く吹き付ける空き地に来た。ハリエニシダの崖、
茨の多いナラで密集した陰しく深い谷。僕たちは見
つけた。崖の頂上のすぐ下に1つの巣穴を。それは
僕には完璧に思えた。赤ん坊に授乳しながら、ヘル
メットのよう縁取りのある君のドイツ人的しかめ
面は自らを分かり易く説明しようとしなかった。
僕は困惑して座っていた。僕は自分自身の
ホームドラマの窓ガラスの外に止まっている1匹の
蠅だった。君は怠慢にそこに横になるのを拒絶した、
君はそれを嫌った。あの平らで隙間風入る板は海で

You had to be away and you went. And I
 Trailed after like a dog, along the cliff-top field-edge,
 Over a wind-matted oak-wood—
 And I found a snare.
 Copper-wire gleam, brown cord, human contrivance,
 Sitting new-set. Without a word
 You tore it up and threw it into the trees.

I was aghast. Faithful
 To my country gods—I saw
 The sanctity of a trapline desecrated.
 You saw blunt fingers, blood in the cuticles,
 Clamped round a blue mug. I saw
 Country poverty raising a penny,
 Filling a Sunday stewpot. You saw baby-eyed
 Strangled innocents, I saw sacred
 Ancient custom. You saw snare after snare
 And went ahead, riving them from their roots
 And flinging them down the wood. I saw you
 Ripping up precarious, precious saplings
 Of my heritage, hard-won concessions
 From the hangings and the transportations
 To live off the land. You cried: 'Murderers!'
 You were weeping with a rage
 That cared nothing for rabbits. You were locked
 Into some chamber gasping for oxygen
 Where I could not find you, or really hear you,
 Let alone understand you.

("The Rabbit Catcher" BL 1-3)

二人は5月のある日、車で出かけたが、彼は「君の悪霊に取り憑かれたような怒りに近よりがたく」(‘Inaccessible/ In your dybbuk fury’ 1)感じた。車をわざと落として自殺しようとしたことのあるプラスだから、「彼女は何か狂ったことをしそうだ」(‘She’ll do something crazy’ 2)と予感していた。二人がイギリスの田舎に向かい、崖っぷちのある海岸に近づくと、イギリス人のやり方に対するプラスの嫌悪感が露わになる。「君はそこに着いたとき、イギリスの汚い海岸を嫌悪した」(‘You despised England’s grubby edges when you got there.’ 2)。ヒューズは「君のドイツ的なしかめっ面」(‘Your Germanic scowl,’ 2)を見て、困惑した。プラスは「道路から、あらゆる内陸から、海を隠し／すべての海岸沿いの接近を囲う僕たち英国人の／私的な貪欲さ」(‘our English private greed/ Of fencing off all coastal approaches,/ Hiding the sea from roads, from all inland.’ 2)に嫌悪を覚えており、その一方、ヒューズはプラスのアメリカ人らしさを異質なものと見なしていた。実際に、ヒューズとウサギ捕りの罠の列を発見した際、プラスはそれらがあまりにも残酷な「赤ん坊の目をした絞め殺された無垢」(‘baby-eyed/ Strangled innocents’ 3)、「連続する罠」(‘snare after snare’ 3)であると感じ、狂ったように走り回って、その罠を引きちぎった。それに対して、ヒューズは「神聖さが汚される」(‘The sanctity of a trapline desecrated’ 3)と感じ、田舎に住む人にとってウサギ捕りとは、「聖なる古代からの慣習」(‘sacred/ Ancient custom’ 3)であり、生きるために食べていく手段としての「人間の

はなかつた。君は離れるべきだった。そして行った。そして僕は風がもつれさせたカシの木の上にある崖の頂上の平地の端に沿って、犬のように後をつけていった。そして1つの罠を見つけた。銅線の輝き、茶色いコード、人間の考案品、新しい装置が並んでいた。一言も言わず君はそれを引きちぎり、木々の中へ投げ入れた。

僕は仰天した。田舎の神に忠実であった僕は一罠の並びの神聖さが汚されるのを見た。君が見たのは表皮の血が滲み出た無遠慮な指が青いティー・マグの周りをしっかりと握っていたこと。僕が見たのは田舎の貧困が1ペニーを儲け、日曜のシチュー鍋を満たしていたこと。君が見たのは赤ん坊の目をした絞め殺された無垢であり、僕が見たのは聖なる古代からの慣習だった。君は続く罠を見て前へ進み、その根から罠をもぎ取り森の中へ投げ飛ばした。それらを僕は君が不安定で貴重な若木を引き裂くのを見た。僕の伝統のなかなか勝ち取れなかった特権。吊したり追放したりすることからは。その土地から食べ物を得るために。君は叫んだ「人殺し！」君はウサギのことなんか気にしていない激怒ですすり泣いていた。君は部屋に閉じこめられて酸素を渴望する。そこでは僕は君を見いだせなかったし、本当に声を聞けなかったましてや君を理解することなどできなかった。

考案品」(‘human contrivance’ 2)であったことを理解していた。しかし、プラスは「人殺し！」(‘Murderers!’ 3)と叫び、その罍を感情的に引きちぎり、投げ捨てたのである。文化的背景の違いから感情の亀裂が起こり、そのずれが吐き出される。

二人のものの見方の違いは次々に列挙されていく。彼女は「無遠慮な指が青いティー・マグの周りをしっかりと握っている」(‘You saw blunt fingers, blood in the cuticles,/ Clamped round a blue mug.’ 3)、つまり家で待つ主婦の姿を見た。プラス自身の詩では、「ティー・マグを囲む手が鈍くぶしつけに／白い陶器を鳴らす」(前出)と異なる表現が用いられている。この彼の「しっかりと握る」というのと彼女の「鳴らす」という手の動きは、それぞれ異なり、マグの色も違っている。また、彼は「田舎の貧困が1ペニーをもうけ、日曜のシチュー鍋を満たしていた」(‘I saw/ Country poverty raising a penny,/ Filling a Sunday stewpot.’ 3)、つまり彼は田舎の人間が生活の手段として、ウサギを捕り、生きる糧としているのを見た。このように、同じ対象について二人があまりにも隔たりのある見方をしているのである。

最終スタンザで、ヒューズはそのプロセスについて、プラスがそのときこの経験の中に何かをとらえ、それを非常に敏感なタッチで詩の中に囲い込み、詩の中で生命力みなぎるものとして誕生させたと言い、いろいろな考え方の違いはあったものの、最後には彼女の創作のプロセスを尊重する理解者としてこの詩を終えている。

In those snares

You'd caught something,
Had you caught something in me,
Nocturnal and unknown to me? Or was it
Your doomed self, your tortured, crying,
Suffocating self? Whichever,
Those terrible, hypersensitive
Fingers of your verse closed round it and
Felt it alive. The poems, like smoking entrails,
Came soft into your hands.

(“The Rabbit Catcher” BL 5)

それらの罍で

君は何かをとらえた。
君は僕の中の、夜行性のそして僕の知らない
何かをとらえたのか？あるいはそれは
君の不運の自己、君の拷問にあった、嘆き悲しむ
窒息している自己なのか？どちらにせよ
それらの恐ろしい、超敏感な
詩の指がそれを囲い込み、生き生きしたもので
あると感じた。詩は煙をあげる内臓のように
君の手の中に優しく入ってきた。

「それらの恐ろしい、超敏感な／詩の指がそれを囲い込み／生き生きしたものであると感じた。詩は煙をあげる内臓のように／君の手の中に優しく入ってきた。」(‘Those terrible, hypersensitive/ Fingers of your verse closed round it and/ Felt it alive. The poems, like smoking entrails,/ Came soft into your hands.’ 4)お互いの相違はあっても、あたかもそれらすべてを受け入れ、乗り越えたかのように、ヒューズは最後に彼女を詩人として認めている。あるひとつの不幸な経験が、プラスにとって詩を生みだすまさに原動力となったことが明らかである。そしてそんな苦い体験を彼女は詩に転化する才能を持っていた。そしてそのことを、誰よりもヒューズが理解していたのである。

4. 比較文化的観点からの考察

以上の二人のものの見方の違いについて、もう一步比較文化的考察を進めてみたい。私はここで英米比較文化的観点が有効であると考え。その理由として、もともとプラスはアメリカ中産階級出身の消費者であり、一方、ヒューズは「田舎の神に忠実な」(‘Faithful/ To my country gods’ 3)ヨークシャーの労働階級出身の自然や動物と身近な禁欲主義者であることが挙げられる。そういった二人の異文化から生まれた価値観のギャップは、まずは「罍」というメタファーに集約されている。これこそが、心的葛藤を詩に投影させるプロセスのひとつとなっている。粗野なイギリスの田園地方の文化と商業的で流行を追うアメリカの文化がせめぎあうその異文化の狭間

で、差異を受け入れられずにいる二人の詩人が、それらの異なる切り口から、異質なるものへの嫌悪感や感情を、共通の経験を通して詩に表しているのが特徴的である。

このように異文化の狭間で生まれる心的葛藤が、詩という言語の中に表象され、「罨」というメタファーを通じて、支配するものとされるものの状況が浮かび上がる。そしてこの関係は英米両国の歴史的な植民地の関係を背景としていることが言えるのではないだろうか。そこで、英米文化の差異について論じた加藤の説を参照したい。

言語の共通性による混乱に加えて、英米両国の歴史的な関係とそれに伴う相互的な偏見の問題がある。いうまでもないことだが、アメリカは、イギリスにたいする植民地叛乱によって独立した国家である。もちろん、独立宣言からすでにほぼ二世紀にちかい時間が経過しているから、英米間に敵対関係は存在していない。しかし歴史心理的にいって、イギリスにとってのアメリカは「反逆者」であり、アメリカにとってのイギリスは「暴君」なのであった。その相互反撥的な緊張関係は現代にも尾をひいている。(加藤 137)

この説は非常に的を射ており、総体的に、英米関係の植民地的な文脈の存在を確認することができる。特に同じ英語圏であるからこそかえってその言語同一性が、歴史的なメンタリティの差をより複雑にしているのではないか。またクラーク(Clark)が指摘しているように、イギリスではプラスは植民地的対象(‘the colonial subject’ Clark, 92)となっていた事実があり、表面的なアメリカ的物質主義を体現していたのである(‘embodying superficial American materialism’ Clark 92)。

加藤とクラークの説をプラスとヒューズの関係に当てはめて考えてみよう。男性が中心的だったケンブリッジ大学に、女性だけのスミスカレッジから留学した彼女にとって、プラスは嘲りの的であり、それゆえイギリス文化に自らを適合させようと、彼女はアクセントさえ真似ようと奮闘した面がある。プラスはイギリスの自然風景との統合ができないだけでなく、イギリス人の夫やその文学伝統との統合ができなくて悩んだようである(Clark 107)。イギリスのムーアそのものが男性的で、重々しく、支配的で、それこそがまさにイギリス的なものであった。その反面、彼女が子ども時代を過ごしたアメリカのノーセットの海は果てしなく、広大で開放的であり、それこそがまさにアメリカ的なものであった。そのような異文化的背景で生きてきた二人だから、二人のムーアの受け止め方自体、非常に異なっているのは至極当然のことである。クラークの分析にあるように、ヒューズはムーアの詩において地平線のイメージを「原始的な永遠性を表すもの」として用いているが、一方プラスはイギリスの地平線は「実感や境界線のないもの」としてとらえていた(Clark 108)。このようにプラスが異文化の中で心的葛藤をし、それが詩の中に克明に表されているのを感じたヒューズは、プラスがイギリスからアメリカに戻った方が創作上に利点があると言ったほどである(Clark 95)。

総体的かつ歴史的な異文化間の植民地的な背景、支配するものと支配されるものの関係性を、二人の「ウサギ捕り」に読み取ることが可能ではないだろうか。それを背景に、異文化間の男と女のパーソナルな関係、夫婦間の葛藤が投影されていることに深い意義があると思われる。

まさに異文化のこの関係性が支配者である夫、征服される妻という男女の構図、さらには狩猟者と獲物という構図にも拡がり、つながり、そして置きかえられているのである。それゆえに、ここにプラスとヒューズの詩を英米比較文化の角度から考察することは歴史的・文化的基盤に立った考察を深めることとなり、非常に有効である。

しかしながら、結果的に、葛藤そのものは詩の中に表象され、変質化されていく（時には昇華・浄化させられていく）のだが。そしてそれこそが、詩の力が持つ特有の効果とでも言えよう。

5. おわりに

プラスはヒューズから詩作について忠告を受け、多くを学び、彼から動物や自然についての描写に影響を受けただけでなく、彼に対する彼女の心的葛藤や畏敬の念を、詩という言語に投影した。しかしながら、それらの詩の中には、夫に対する愛情に満ちあふれた詩はないと言っても過言ではない。確かにプラスはロマン派詩人ではなく告白詩人と言われるだけあって、夫との関係においても、幸せや愛情よりも、むしろ醜い部分や隠したい部分をさらけ出す傾向にあった。

今回は英米比較文化の観点から、夫との間に、埋めようのない文化的相違を感じながらも、異文化の狭間で感じた心的葛藤を創作に橋渡し、投影させ、自己を浄化させるという詩人の技巧について注目した。またプラスとヒューズが書いた同名の詩から二人の感性の違い、異文化に根差す植民地的背景、そして、心的葛藤が詩という言語に転化されていくそのプロセスについて考察した。そのようなプラスの詩は、死後50年経過した現在もなお、生きることや愛することの苦しさを私たちに問いかけ、生き続けている。それゆえにプラスの現代性があるといえるだろう。

略語

本論文で使用する次のテキストは、左の略語で表記した。

- CP Plath, Sylvia. *Sylvia Plath Collected Poems*. Ed. Ted Hughes. London: Faber and Faber, 1981.
 BL Hughes, Ted. *Birthday Letters*. London: Faber and Faber, 1998.
 LH Plath, Aurelia Schober, ed. *Letters Home by Sylvia Plath: Correspondence 1950-1963*. New York: Harper Collins Publishers, 1975.

引用・参考文献

- Bloom, Harold, ed. *Bloom's Modern Critical Views: Sylvia Plath—Updated Edition*. New York: Infobase Publishing, 2007.
 Clark, Heather. *The Grief of Influence—Sylvia Plath & Ted Hughes —*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
 Gill, Jo, ed. *The Cambridge Companion to Sylvia Plath*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
 Herzfeld, Leslie Ann. *Sylvia Plath: An Explication of her Style, Theme, and Voice from a Feminist Perspective*. Diss. Columbia University, 1992. Ann Arbor: UMI, 1992. 9232018.
 Hughes, Ted, and Frances McCullough, eds. *The Journal of Sylvia Plath*. New York: Ballantine, 1982.
 Hughes, Ted. *Birthday Letters*. London: Faber and Faber, 1998.
 加藤秀俊、『比較文化への視角』中央公論社、1968。
 Koren, Yehuda, and Eilat Negev. *Lover of Unreason*. New York: Carroll & Graf Publishers, 2007.
 Kuvil, Karen V, ed. *The Unabridged Journals of Sylvia Plath*. New York: Anchor Books, 2000.
 Lane, Gary, ed. *Sylvia Plath: New Views on the Poetry*. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press, 1979.
 Melander, Ingrid. *The Poetry of Sylvia Plath: A Study of Themes*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1972.
 皆見昭、吉原幸子訳、『シルヴィア・プラス詩集』思潮社、1995。

- Middlebrook, Diane. *Her Husband: Ted Hughes & Sylvia Plath— A Marriage*. New York: Penguin Books, 2003.
- Myers, Lucas. *An Essential Self: Ted Hughes and Sylvia Plath*. Exeter: Short Run Press, 2011.
- 野仲美弥子訳、『誕生日の手紙』 青樹社、2003。
- Phillips, Robert. *The Confessional Poets*. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press, 1973.
- Plath, Aurelia Schober, ed. *Letters Home by Sylvia Plath: Correspondence 1950-1963*. New York: Harper Collins Publishers, 1975.
- Plath, Sylvia. *Sylvia Plath Collected Poems*. Ed. Ted Hughes. London: Faber and Faber, 1981.
- Russell, Jesse, and Roland Cohn. *Sylvia Plath*. Scotland: Bookvika Publishing, 2012.
- Raymond, Claire. *The Posthumous Voice in Women's Writing from Mary Shelly to Sylvia Plath*. Hampshire: Ashgate. 2006.
- Stevenson, Anne. *Bitter Fame: A Life of Sylvia Plath*. Harmondsworth: Penguin Books Ltd, 1990.
- 徳永暢三編・訳、『シルヴィア・プラス詩集』 小沢書店、1993。
- Uroff, Margaret Dickie. *Sylvia Plath and Ted Hughes*. Urbana: University of Illinois Press, 1979.
- Wagner, Erica. *Ariel's Gift: Ted Hughes, Sylvia Plath, and the Story of Birthday Letters*. London : Faber and Faber, 2000.
- Wagner-Martin, Linda W. *Sylvia Plath A Biography*. New York: St. Martin's Press, 1987.

- 『あに・いもうと』で新領土ひらく」(『東京タイムズ』二七
八一号、昭二十八・十・二) 四面。
- (2) 檜崎勤「月評その他」(『あらくれ』二巻八号、昭九・八・
一) 三六頁。
- (3) 広津和郎「文芸時評」(『早稲田文学』一卷八号、昭九・八・
一) 一一四頁。
- (4) 青野季吉「解説」(『現代日本文学選集Ⅱ』細川書店、昭二
十四・十一・十五) 三〇八頁。
- (5) 東郷克美『あにいもうと』の成立―その一側面―(『日本
近代文学』一〇集、昭四十四・五・二十) 一〇九頁。
- (6) 本多浩「室生犀星ノート―『王朝もの』を中心に―」(『徳
島大学学芸紀要 人文科学』一八巻、昭四十四・三・二十五)
一九頁。
- (7) 『あにいもうと』『続あにいもうと』について―心理学の
側面から―(『室生犀星研究』一一輯、平六・十・三十) 六
六頁。
- (8) 『あにいもうと』について(『室生犀星研究』二輯、昭六
十・九・十) 一八〇頁。
- (9) 「犀星の中期小説の性格―『あにいもうと』をめぐって―」
(『言文』二三号〔福島大学国語学国文学会〕、昭五十・十・
三十) 三九頁。
- (10) 『あにいもうと』論(『室生犀星研究』五輯、昭六十三・
七・二十) 一三二頁。
- (11) 「室生犀星の変位をめぐって―『あにいもうと』及び市井
鬼の時期を機に―」(『繡』九号、平九・三・三十一) 六三頁。
- (12) 前掲「室生犀星ノート―『王朝もの』を中心に―」一九頁。
- (13) 「舌を噛み切った女」二、三―(すて)をめぐる物語―
(『室生犀星研究』一二輯、平七・五・三十) 四〇頁。
- (14) 「室生犀星『舌を噛み切った女』論―『凄艶』と『荒くれ』
の真価―(下)―」(『室生犀星研究』三二輯、平二十・九・三十)
一三三頁。
- (15) 「舌を噛み切った女 またはすて姫」―意識の変化と人生
の選択―(『室生犀星研究』七輯、平三・十・十五) 二四〇
頁。
- (16) 前掲「舌を噛み切った女」二、三―(すて)をめぐる物語
―」四五頁。
- 追記 本稿は、旧稿「あにいもうと」「舌を噛み切った女」(足立
直子・金沢芝・田村修一・外村彰・橋本正志・渡邊浩史編
『芥川と犀星』おうふう、平二十四・四)を大幅に改稿した
ものである。

理由も判然とする」と記していた。二瓶は、

あの日のああいふ短い瞬間に一人の人間は死に、一人の人間が
うまれるべく用意されたことの、解きやうのない出来事の謎が

この女を打つて来た。

との「舌を噛み切った女」におけるすての思いにふれ、その感慨を
「魚の世界に探った物語」が「鮠の子」⁽¹⁶⁾だとしていた。「鮠の子」の
鮠子は、上流から下ってきた「禁漁区」で老若の雄達からの性の暴
力にさらされ、転じてその腹に宿した卵を上流で産みつけようと志
す。雄達も鮠子も、死につながる性の威力の前では是非もなく、子
を残すために命をなげうつ。彼らの命は、性―死―生の連環の秘密
を体现しているかのようなのである。

このように、犀星の「あにいもうと」「舌を噛み切った女」「鮠の
子」は、不測の懐妊なり出(死)産という「解きやうのない出来事
の謎」にはじめて直面しながらも生きぬく意志の強い女性(雌魚)
を描くところが共通している。それらの小説からはまた、理性を呑
みこむ生命欲、死と性(生)の通路、ひいては非情の宿命相すら主
題として読みこむことができようか。

非情の宿命相、それは犀星文学に伏在する大きなテーマなのであ
ろう。生命の大きな流れに内在する性の威力は、個々の人間にも理
性を超えたものとして潜み、宿命的にそれらを死に向かわせ、次代
の生へ継受されてゆく――そんな意である。人の生命に宿る、不可

思議な威力(とりわけ貝ノ馬介、すて、そして鮠たちの性を介した
執念)への畏怖が、室生犀星を晩年にしてなお創作に向かわせしめ
た大きな一因だったのかもしれない。

そもそも人は、個々に異なる経験をしながら、個々にもたらされ
た運命に向きあうか寄り添うかして生きている。各々が、そうした
経験をどう解し扱うかは、各々の度量次第である。もんやすてに限
らない。自他と関わり、葛藤をしてゆく過程で人は、己が抱えた宿
命から何らかの問いを探し、おのが心をいかようにも変遷させてゆ
く。

人間個々の生命が息づく世界は、山川自然の世界の一部でもある。
人間の内なる自然の様態は、まさに川のように、生命が性の威力を
介在させながら小さな生死を繰り返す、大きな継受のうねりなので
はないか。時に非情でもある内なる自然の生命相、その威力にあら
がえないわれわれは、悲喜交々よろしく「解きやうのない出来事の
謎」の絡みあう人間の痴態に、飽くこともなく今日もうち興じてい
るのではなかったか。犀星文学の生命は、そのような自省を、強烈
な個性的人物たちの生の真実を描くなかで、折々にもたらしてくれ
る辺りに存しているように思われてならない。

註

(1) 保根奇郎「まないた 室生犀星の巻」『人間探求』の愛欲図

賭けて死んでいった男がもたらした自分の子を、是が非でも産み育てようとすると、不可思議な生命の意志そのものだったのではなかったらうか。

生命の継受、——死んだ男の命を女体の身でこの世に受け継ぎ、産んだ子を母として一途に育てようとの強烈な意志が、それまで眼前の事象しか見ずに、受身な立場でしか生きては来なかったすてを変えたのだと考える。かような生命の再生を体験し、その経緯を守るべく野性的な母性の権化然となって山塞を去ってゆくすての姿から、読者はすさまじい生命の執念を見出す。それが「舌を噛み切った女」の感動の急所だといえるのでは、ないだろうか。

四、おわりに

「あにいもうと」と「舌を噛み切った女」を読み比べると、類似点や相違点が様々にうかがえて来る。ヒロインのもんもすても、いわゆる男勝りで、我が強い。そうして、思いがけぬ妊娠という事実直に直面している。彼女達は、かたや小畑のために伊之助に対し、かたや赤子のために袴野ノ鷹に対して、狂暴なほどの激しい怒りを示す。そこがカタルシスめいており、両作の読ませどころともなっている。

もんもすても、妊娠を機に性格が変化するが、もんが自暴自棄に

なるのに比して、すては強い母性の人になる。状況はそれぞれ違いますが、もんは伊之助と、すては貝ノ馬介と、理性を超えた(生命同士)の絆を持つ。

小畑と貝ノ馬介は妊娠を機になくなるが、小畑が痛い目に遭い去っていたのに、貝ノ馬介の方は命がけですてを懐妊させて亡くなる。男の覚悟はまったく異なるが、一途な愛を経た結果、もんは死産し、すては出産した。もんは昔の小畑を愛し続け、すてはわが子を愛す。それぞれに一人で。もんには伊之助などの家族がいて、味方もいる。しかし山塞ですては誰にも頼らずに自立してゆく。

要するに、気性の荒い面のある、感情の振幅が広い女性達だったわけだが、男との性、そして不測の妊娠を経てなお強く生きようとする姿に共通項が認められよう。

宿命的ですらあるヒロインの妊娠は、道徳や個の意思を超えた、目に見えない自然の偉力の存在を感得させようか。生命の不可思議な力によつてもたらされる妊娠を機に、葛藤する兄妹の強い絆、敢然と母親の道をひとり往く執念——そこには愛情が底流してもいる——を描いていたのが、「あにいもうと」と「舌を噛み切った女」から読みとれる女性形象の特質であったといえよう。

なお二瓶浩明は、「舌を噛み切った女」の「山塞を、川に置換すれば」、「鮎の子」(『小説中央公論』昭三十六・七)が「書かれるべき

の貴族にわが子を預けに行くことを「母」を捨てる、の意と読むのは短絡的であろう。「舌を噛み切った女」はすてが山寨を去る場面で終わっていて、彼女が袴野ノ磨のもとに戻るかどうか、わが子をほんとうに貴族の娘に預けたかどうかについては書かれていない。彼女が去っていったことが重要なのであって、それ以降についての詮索は、なべて憶測の域を出ないのではないか。

むしろすてが捨てたのは、新たな自己認識による旧い自己だったというべきであろう。まず「良道の娘」との出会いにより、都への帰郷意識に目覚めた。次に、襲ってきた貝ノ馬介を死なせたことを機に、思いがけない懐妊をしたものの、自ら得心したうえで出産し、生命の不可思議なり母親の感情に目覚めていた。さらにはその子を激しい執念で守りながら一人で育てたこと、そして京都への出立を決め、山寨を去ったことでは、それまでの愛人として囲われる受動的境遇を脱し、自ら判断し行動する主体性に目覚めたものと考えられよう。

そのような意味で、それまで「現在」にのみ「視点」を置いて生きてきたのに「母親として芽生えた役割、責任、欲こそが、すてが生まれて初めての『自我』を与え、「未来」へと「視点を向け」させ、「自身の運命を受け入れる潔さや強さ」を授けたとした西尾まゆ子⁽¹⁴⁾の見解には共感できるところがある。ただし、すてが最後の場面で「四条院の姫様」の許へ「戻るか、戻らないか判らない」と皆に

言いながら山寨を離れていた。果してこの時点で迷いの言葉を発していたすてに、堅実な未来の自己像が確立できていたのかは疑問である。

ともあれ、「舌を噛み切った女」において決定的な事件は、すてが命を奪うかたちとなった貝ノ馬介との子を懐妊した事件である。すてが母の自覚を持って主体的な自我を持つようになった機縁が、この強姦まがいの事件にあったことは衆目の一致するところだろう。すては「死ぬ覚悟で」肉体を奪いに来た貝ノ馬介との出来事があった結果、わが身に宿されたあらたな生命を、「死んで生れて来た」彼のそれとみなして育てようと決心している。そこが重要である。

すては、命を賭けて自分を求めた男のことを「何があたしのちからで防げるものか」と評していた。貝ノ馬介がすてに捨て身でその命をなげうちに来た、そんな死をも厭わぬ男の理不尽なまでの情熱、いわば命の火花に感応し、女性の肉体を持つすてが死んだ彼の命を継受しようとの理性を超えた共感を感じたことで、懐妊した子を産もうと決意したものと考えられるのである。

そうした「自我」を超越したものととの感応の自覚が、すてを主体性のある女性へと変えたのではないだろうか。そのように考えるゆえに、「逆境になればなる程、男性に対して『さめた目』を持つ女性になる⁽¹⁵⁾」との一色誠子の読解には留保が必要と考える。懐妊以降のすてを衝き動かしているものは、理性や自我の冷静さよりも、命を

(中略) 温めてふとらせてやる。貝ノ馬介が死んで生れて来たのだ。」

興味深いことに、すては決して貝ノ馬介を悪く思うことなく、「貝ノ馬介が死んで生れて来た」とみなして望まぬ妊娠の事実を受け容れようとしている。「死ぬ覚悟」で迫ろうとした彼の気概にうたれたゆえか、いったんは拒絶した、男の命を懸けた情熱によって、すての心境は変化をみせたのである。

そうして無事に出産を済ませたすては、その赤子を処分しようとした袴野ノ磨に「この子にちよつとでも触つたらそれがあんたの最後だと思ふがいい」と反発し、喉笛を噛み砕くぞと脅して、竹の火箸に「ばりばりと上と下の白い前歯で」噛みつき、「鮮血」を逆らせた。袴野ノ磨は「何といふ女だ」と「生れてはじめて怖れ」を抱く。その気魄は、血迷った彼をして野伏ノ勝に自分との決闘をうながしたほどであった。

すての凄絶な態度は、拾われた恩義があつたはずの山賊の頭領すら圧倒して「謝る、おれが悪かつた」と追従させてしまったわけだが、それほどに激しい執念の迫力を読者に伝えてもいる。彼女が「他の男を嫌い舌を噛み切り」、「子をまもりぬくために命をかけるように」⁽¹²⁾なったのは、本多浩が記したように、「女の本能」が働いたゆえでもある。すてはいわば野性的な防衛反応で貝ノ馬介の舌を噛み切つて絶命させ、懐妊し出産してからは母性的本能に従つて、袴野ノ

磨から我が子を保護せんとしたものと見受けられる。

やがてすては「何時かの四条院の姫様の所」を訪ね「この子をお預り」してもらおうと、子を抱いて京都へと出立する。「大胆に殆ど冷却しきつた顔附」で、「戻るか、戻らないか判らない」と告げ、男達に見送られながら。——こうした展開から読みとれるように、すては冒頭と比べて大きくその性格なり人生を変化させている。そこが「舌を噛み切つた女」の構想上の魅力でもあるのだが、先行論文の主眼点もそのあたりの読み解きに置かれてきたようである。

たとえば二瓶浩明は「すては〈捨てること〉をめぐって、『母』『女』という変換式が成立している」⁽¹³⁾とした。ただしすては侍の子で袴野ノ磨に「拾はれなかつたら」、「どうなつてゐる女だか判らなかつた」とあるので、高貴な家の出自とは断定しがたい。結果的に都を離れてはいたが、都から略奪されたような「姫」ではなく、野卑な山賊達からそう呼称されていたに過ぎないのではないか。「すて姫」は、頭領の愛人として彼らが一目置いていた存在なのを指す名称であろう。

また、すては性的に男達を魅する存在としての「女」を捨てていたのであるうか。妊娠や育児に際しては子への愛に我が身を没入させていたにせよ、最後の場面で袴野ノ磨が彼女の「すべすべしたからだ」を「物ほしげに見送つた」ごとく、若い肉体を持つ「女」をそもそも捨ててはいなかったことが分かる。それから、すてが京都

いた。

そんなある日、すては、山道で彼ら山賊たちに襲われ「袴野と貝とが女の奪ひあひでもめ」ていたのを仲裁し、都の女の窮地を救う。袴野ノ磨は「財は山割りにして女はみやこに」、貝ノ馬介は「女の代りに財は皆袴野ノ磨に」と主張していたが、貝ノ馬介はそれほどに都の女を求めていたのである。彼は「この女を還した後の何年かは、女といふものをこの山中で知ることの出来ない残念さ」を抱くが、続く本文にはこうも述べてあった。

併しそれを押し切つて女をもものにすれば、仲間が割れるばかりか袴野が刃がしらを向けて来るだらう。女一人を手に入れることは山塞者にとつて、全部の仲間を敵にまはすことにもなる。

禁じられた女の肉体は命とすれすれの線に引つかかつてゐる。この箇所から注視されるのは、貝ノ馬介が、女性の肉体に飢えていたことである。彼はその機会を逸した「残念さ」を、切羽詰つたような気持で受けとめ、遂には「命とすれすれの線」と分かっているながら、かねて想いをひそめて来たすてを求め、破滅覚悟の行動へと移してゆく。

すては「四条院の藤原良道の娘」と名乗るその女を、都近くまで送り届ける。そうして懇意となり、良道の娘から感謝をこめた贈物「虫の垂衣」を貰い、いつか訪ねて来てくれたらば「きつとわらはを頼つて来てくれ」、「必ずおかくまひいたします」との約束を得

るに至つた。

さて別の日のこと、山塞に独りでいたすてのところ貝ノ馬介が現われる。彼は、「敵塞に踏みこむ」ほどの「決意」をもって「そなたを推いきに参つた」と、命がけで彼女に關係を迫つたのである。

すてはしかし、十年間の「思ひを遂げ」るために「自制」を失つてゆく無言の男にあくまで抵抗する。「男といふものの賭けたいのち」を覚悟する彼に、身体の自由を奪われながらも「袴野は勿論野伏にも合す顔がない」と抵抗を続けたすては、「永いくちづけ」の「間に殆ど無意識に」、貝ノ馬介の舌を噛み切つた。貝ノ馬介は「うああ、……」と叫び、茫然となつたすての傍らで絶命する。山塞に戻つた袴野ノ磨は死体を見て驚き、「いま初めてすてを見直した」と、彼女を疑つては嫉妬していたことを恥じるのであつた。

貝ノ馬介には「触られただけ」と袴野ノ磨に告げたすてだったが、やがて彼女が「懐妊」していたことが発覚した。すては「驚愕」する。ここで、以後臥せるようになった彼女を「邪魔者扱ひ」し始めた袴野ノ磨との問答を引いておこう。

「貝ノ馬介どのの子供や、間違ひなく。」

「何故あんな奴の子を孕んだのだ。」

「そんな事があんな時に誰が判るものか、阿呆いふな。」

「判らなかつたのか。」

「死ぬ覚悟で来た人だ、何があたしのちからで防げるものか。」

その意味で、主人公をもんではなく赤座「でしかあり得ない」と読んだ伊藤秀秋^①の見解には首肯しかねる。「負けたことのない」家長の赤座は、家族をめぐる葛藤を直視しようとはせず、自分の仕事の領域で思うさま没頭をするばかりであった。荒かった気性を小畑の前では露骨に表わせなくなっていた高齢の赤座は、すでに「蛇籠」の流れ去る川の様子を「悲しさうにしぼん」だ目で眺めるように、立場はたとえ強くとも、自分の力では如何ともしがたい家族の運命の変転を見守ってゆくしかない存在なのである。

結局、赤座自身は脇役の位置にとどまる人物とみなせよう。やはり、妹の苦境を親身に心配して、よかれと考え悪役を演じた伊之助と、内心では兄の心遣いに気づいていながら、それでも恋人だった男に暴力をふるったのを理不尽とみて激昂したもんと、肉親ゆえの感情と身体の不つきり合いこそ、に、「あにいもうと」の主調はあると考えられる。

「あにいもうと」は先述したように、不器用ながら落魄した妹のためを思つて憎まれ役に徹そうとする伊之助の屈折した愛情を、まずは読みとるべきと考える。もんは、荒んだ生活に陥つても、小畑をなお慕い、彼との恋に燃えた記憶を胸に秘め、「もんの男」のため激しい怒りを表わしていた。あのように怒りをぶつけられるのは、他ならぬ伊之助しかいない。それを、もんはよく判つていたはずである。

たしかに、兄へのもんの啖呵は、母をして「きふに衰へ」たような声で「大変な女に」なつたと嘆じさせた。だが、もんも弁解した通り彼女は「母さんの考へてゐるほど、ひどい女になつて」はいない。小畑への想いという、現身をもちや必要としないもんの胸のともしびの清さが、またそうした記憶を汚した兄への憤りとなつてあふれているところが、その理由である。そこから読者は人間の真の姿、そうしてこの小説の救いを見出すものと考ええる。

では、もんに比して「舌を噛み切つた女」のすては、どのような人物として形象されていたであろうか。次節で彼女と男性たちとの関わり、それから同作の構想につき考察をしてゆきたい。

三、「舌を噛み切つた女」の女性形象

「舌を噛み切つた女」の主人公・すては、京都に近い峠で山賊と共に暮らす若い美女である。もとは「侍の落し子」で京都に住まっていたが、頭領の袴野ノ麿^{はかまの まろ}に十三歳の頃から「拾はれ」て十年ほど育てられ、語りの現在では彼の愛人という立場にあつた。同じ一味に属す野伏ノ勝^{のぶせ かつ}や、向かいの山を根城としていた別の山賊である貝ノ馬介^{うまけ}など若い男は皆、かねがね彼女の美貌を狙っていた。五十二歳の袴野ノ麿は、すての「水あび」を見せないようにするなど彼らを警戒し、旅人を襲う際にも山塞ですて一人を待たせるようにして

運命を変える機縁が小畑との破恋であり、死産だったとしても、踏みとどまらなかったものに、実際の責は問われねばなるまい。だからもんに「お前はお前でかたをつける」と言う赤座も「悪たれ口を叩く」伊之助も、小畑に憤懣を抱きはしても結果的に彼を憎み切れなかったと考えられる。「母さんの考へてゐるほど、ひどい女になつてゐないわ、だけどあたしもうだめな女よ」と話していたものにもその自覚がある。このため、自暴自棄になりながらも小畑を恨もうとはしないわけなのである。

ところで、この小説の冒頭と末尾の場面には、川での赤座の仕事ぶりが描写されてあった。赤座は「蛇籠」で川に堰を作り据える名人だが、こうした場面には、何か象徴的な意味が込められているのではないだろうか。

おそらく「あにいもうと」における川は、赤座の養ってきた家族を象徴しているのではないかと思われる。じっさいはさして家族の面倒を見ていないにせよ、彼の「川仕事」にかける情熱、指導力、技量の確かさは、そのまま妻子に対する家長の強い立場を暗示している。また川の流れは彼の情感を投影し、そこからは衰えゆく者が次世代へと新陳代謝されてゆく様態まで読みとれるように思われる。

「川仕事」にかけては「ぬし」のような猛々しい赤座だが、それでも時に起こった「出水の勢ひには叶はず、せつかく据えた」蛇籠

も流される。それを赤座は「悲しさうにしぼん」だ目で眺めていた。小畑と応対したのち、最後に赤座は気を奮い立たせるように川原に出て、上機嫌で人夫をどなりたてながら仕事に精を出す。岩下恵子は「自然は情感にひきつけられた自然ではない」と評していたが、たとえば末尾の活気ある川での労働の場面は、小畑との件でくさくさして「早くこの問題から考へをもぎ取りた」がっている彼の心情を投影しているようである。

赤座は屈強な家長として一家に君臨している存在だが、「もんでも伊之助も、そしてさんもみんな舟仕事のあがり育てられた」とあるように、家族と川の所縁は深い。その性質が静かな流れを思わせるりきやさんに比して、放蕩をやめない伊之助は流れ（家長のふるまい）に逆らうように生きている。そうして死産という運命に直面し、自墮落となったもんは、伊之助ともども赤座の意志に反し「出水」に流されてゆく「蛇籠」にも見立てられようか。

ちなみに須田久美は、「赤座で始まり赤座で終わるといふことは、主題である兄・妹の表面的憎悪と内面的愛を内包してしまい、赤座の存在を家族（家庭）を見守る一家の主人としてクローズアップしている⁽¹⁰⁾」と考察していた。だが赤座よりも、彼の働く川の様態そのものに注目をせねばならないのではなからうか。なぜなら、彼の仕事場であり、時に彼の手に負えなくなってしまう川が、赤座の養う家族の象徴と考えられたからである。

すでに「すれツからし」になっていると自分をみなすも、小畑を知った時期は彼に一途で、相手の「あるだけのものを好き」になれた。それほどに、ひたむきにわが命の充実する時間を生きたということだろう。彼女は過去の忘れられない記憶を、甘美なままで大切に守ろうとしていたのだ。自分の経てきた人生で、もう戻らぬ小畑との愛の記憶を、汚されなくなかったからこそ、兄の横暴に対して怒り心頭となったわけなのである。

母のりきは「この子はつまらないことで苦勞してゐる」、「もんも悪いし小畑も悪い」と冷静に判断しており、「小畑を愛したもんの氣持がだんだんわかつて来るやうな氣が」してもいた。身近な父や兄と異なる大人しいインテリ学生に惹かれ、もはや過去のことになってしまった純情一途な恋を、甘美な記憶のままに胸に秘している娘への共感ゆえと思われる。再び、もんがその頃の氣持に戻ってくれる願ひも込めて、りきは「一緒になれないものか」と思いをめぐらせ、また、もうやって来ないであろう小畑が「かへつて行くのが惜しいやうな氣がし」てもいたのであった。

もんとその家族の性格について「いわゆる庶民的な善良さが見え隠れしている」と若林ふみ子が記していたように、加齢もあつて小畑の応対に気弱な面を見せていた赤座、それから働きづめの母への気遣いをみせたり、暴力をふるつても従順な小畑に「氣恥かし」さを覚え、穩健に帰り道を教えるなどしていた伊之助からは、たしか

に善人らしい顧慮がうかがえる。もんも一途に人を恋するまっすぐに性質で、自分を捨て去った小畑を後々まで恨むでもなく、好意を抱き続けていた。元から、りきとさんは温和な性格の持ち主である。

そうした赤座一家の、庶民的な家族像からすれば「彼らは荒々しく激しい激情家であり、又人情に厚い。それ故に表面上虚弱な小畑に不満をぶつけきれず、振りかかった不幸を自分たち自身で引き受けるしかないという結果に陥っているのだ」との畔蒜歌子の読解も、一応はうなずけようか。

「国の親父に禁足同様にされ」と言い訳をし、もんと直接会おうとの意志も示さず、果ては「金の包み」をりきに手渡して去った小畑には、過去を清算したい氣持やもん達への罪悪感があつても、将来への生産的な見通しがあつた訳でないのは確かだ。だがたとえ「青書生」の小畑が巧緻にしおらしい態度を持して、もんと赤座の家族に対する責任から逃れようと考えていたにせよ、赤座や伊之助たちには、ある種の諦念がもともと存していたのではないか。

つまり妊娠なり別離という、男女関係が必然的に招来させる結果に関しては、その家族が相手（小畑のような男）に向けて不満をぶつけきれないという意味での諦念を、この人情に厚い家族は分別していたと思われる。ましてや墮落したその後の結果を、自ら引き受けるのは「あたしのからだをあたしが貰ひ切つてどんなにしようが誰からも何にもいはれないつもり」と言うもんだ人のはずである。

一方、娘を長い間放擲していた小畑とまず応対した赤座は、彼に對し「もんはあれから、やぶれかぶれです」と告げるが、柔和なりきの助言もあつて、死産の事実を知り安堵した小畑にやがて同情もし、すんなり彼を放免する。常々家庭では暴力的だったはずの赤座は、「二年経つても訪ねて来たのは誠意があるから」で「まったくの悪い人間ならいまになつてたづねて来るなどといふ頓馬な真似はしない」と考えるのだが、りきは「よほど赤座の心がかういふ問題に弱りを見せてゐる」と感じ、年齢を経て「鷹揚」になつた夫の態度を有難くすら思う。

しかし帰宅したばかりの伊之助は違つた。彼は小畑を見つけ、痛癢をおこして追いかけて、果てには問責したうへ殴り蹴とばす。伊之助にとつてもんは、幼い頃から愛情をそそいできた一番の肉親であり、自堕落になり家族から孤立しかけていた彼女を心配するあまり、彼は母親たちが妹の味方につくよう、わざと憎まれ口を叩きすらしていた。伊之助はこう小畑に話す。

てめえの子供を腹の中に持つて帰つた時はおれはもんをいじめ、もんに悪態のあるだけを残し、しまひに犬畜生のやうに汚ながつてやつたものだ。母はあんまり酷い口を利くおれをそれが本統のおれのやうに憎み出し、おれを毛虫のやうに嫌ひ出しもんの方につくやうになつたのだ、さうしないと皆がもんを邪魔者にするからだ。

かように考えて悪態を演じたのも、直情的とはいへ小畑に制裁を加えたのも、妹思いに発した、伊之助流の俠気からの行為だったわけなのである。

だが、小畑に對して未練を持つもんは、伊之助が彼を殴打した事実を知るや激昂し、「殺氣立つ」た「形相」になつて兄を責め、その顔に爪痕を残す。暴力をふるう伊之助にもんは「よくも、もんの男を撲ちやがつた」と逆上し、兄の去つた後はわが身を顧みて涙を流す。そうした一幕の、兄妹が大喧嘩をするシーンは、すこぶる真に迫つたものであつた。

さて、もんは昔愛した小畑のことを次のように考えていたようである。

さう、わるかつたわね、あの人はもう来なくともよかつたのにと言つた。(中略)ちよつといい男ぢやないの母さんと言つた。

(中略)もんはあの男からあとに男ができてあんなにあるたけのものを好きになれる男なんてなかつた。小畑には宥ゆるせるものでも他の男には宥せないものがあり、小畑よりずつといい男であつてもそのいい男すぎるのが気障だつたりして、ちやうどいい頃加減の小畑とくらべるともの足りないと言ひ、けれども小畑が来たつて一しよになつてやらないさ、好きなのは考へてゐる時だけで会つたらあたしにはもう生ぬるい男になつてゐるからと笑つて言つた。

人間の内部に潜在する野性的な面を、彼らの緊張関係から流露させるところが、この短篇の眼目だと考えられる。

そうした主調性は、中期の犀星の小説群の多くからも見出されるわけだが、何より、もんに象徴される女性像の創出が、「あにいもうと」の魅力の勘所であろう。そこで、ここでは、もんのような人物形象を受け継ぐ小説であり、「王朝もの」でも例外的に貴族生活を材としない「舌を噛み切った女(またはすて姫)」(『新潮』昭三十一・一)を採りあげて、両作を比較しながら、犀星文学における女性像の特質について考えてみたいと思う。

「舌を噛み切った女(またはすて姫)」(以下「舌を噛み切った女」と略記)は、「最も野性的な女ひとを描くことによつて女の本質に迫ろうとした」⁽⁶⁾短篇である。山賊一味の頭領の愛人・すてが別の山賊の子を身籠り、出産を経て都に向かうというストーリーで、彼女は「王朝もの」のヒロインの多くにみられる優美さなり哀感から遠い「市井鬼もの」の流れを汲む野性的な人物として形象されている。次節からは、すてと「あにいもうと」のものの描かれ方を検証し、それらの対比からどのような共通項が抽出できるかを、彼女らの周囲に配された男性たちとの関わり、また両作の構想にも言及しながら考えてゆきたい。

二、「あにいもうと」の女性形象

「あにいもうと」の舞台は秩父山に近い多摩川界限。主要人物に、気性は荒いが仕事は確かな川師・赤座と長男・伊之助、妹・もん、それからもんの恋人だった学生の小畑がいる。ほかに赤座の妻・りき、もんの妹・さんも登場する。二十八歳の伊之助は女癖の悪い道楽者の石工だが、五歳下のもんが東京へ奉公に出た折に知りあつた小畑との間にできた子を死産してから、自暴自棄になつて暮らしていることを気にかけていた。もんは酒場などを渡り歩き、複数の男と関係するなどして、家にあまり寄りつかなくなつていたので。

伊之助は「暇さへあれば」もんを「汚ないもの扱ひ」にしたが、彼には、毎日もんの傍にいて「赤ん坊から育てた」という自覚があり、「まるで兄弟よりもつと仲がよかつた」という、親密に妹と暮らしてきた記憶を大切にしていた。兄としての自負、また妹への思いやりは一入なのである。もんにしても、口汚く罵られ、大喧嘩をした後ですら「あんな、いやな兄さんにだつてちよつと顔が見たくなることがある」との「本統の気持」を母に伝えていた。実は二人には強い絆があつたと推察されよう。

それだけに、もんが産んだであろう子どもの始末をつけようと考え、一年ぶりに会いに来た小畑を、伊之助は許せなかつたと考えられる。小畑への「手前さへ手出しをしないでゐたら、あいつはあんな女にならなかつたのだ」との啖呵は、様変わりした妹のすさみょうを口惜しがる兄の気持を、端的に伝えるものである。

室生犀星「あにいもうと」「舌を噛み切った女」の女性形象

(人文社会系分野)

外村 彰

Images of the Feminine in Murō Saisei's *Ani imōto* and *Shita o kamikitata onna*

(Faculty of Humanities and Social Sciences) Akira TONOMURA

Abstract

There are common features in the images of the feminine depicted in Murō Saisei's *Ani imōto* (1934) and *Shita o kamikitata onna* (1956). The heroines are confronted with the situations of unexpected pregnancy and childbirth. However, even under such circumstances, the women survive through their strong determination. The themes of the desire for life that surpasses reason, the passage between death and life, and the cruelty of fate can all be read from them. Thus, the archetypical image of the feminine depicted by Murō Saisei can be read from these two novels.

Key Words: Murō Saisei's novel, images of the feminine, comparison

室生犀星、小説、女性形象、比較

一、はじめに

室生犀星「あにいもうと」(『文藝春秋』昭九・七)は、それまでの自伝的かつ抒情的な「作風をやぶり、人間本性に肉薄する新領土をひら」⁽¹⁾いた「市井鬼もの」⁽²⁾を代表する客観小説とされる。

発表当時「室生氏の氣息が、その一行一行から、はつきり聴えて来る」⁽²⁾、あるいは「作家的手腕の冴えを思はせ、今月読んだ中で最も

面白かつた」⁽³⁾等と肯定的に読まれ、以後も「執拗な物慾と情慾が渦巻き、人間の善と悪とが双頭の怪物のやうに噛み合つてゐる混濁世界」⁽⁴⁾、「犀星作品には珍しい緊密な構成」を持つ「きわめてすぐれた芸術作品」⁽⁵⁾といった評価軸に沿つて読まれてきた。

たしかに「あにいもうと」は、破恋と死産から「ぐれ出し」⁽⁶⁾たものと「道楽者」の兄・伊之助との葛藤を、荒削りな文体で描出した傑作である。二人は強い絆ゆえに生じた愛憎を赤裸々にぶつけあう。

その時一秒間に、幾万の音を感じる音楽が聴こへるだらう

一九三二・二

(俵修二編『京都詩選 5 1932版』京都詩話会、昭七・四・

二十 三三〜三五頁)

〔追記〕資料の収集にあたっては、呉工業高等専門学校図書館のほか長谷信二・衿子ご夫妻、また川尻武信氏、瀬戸敏治氏、小倉多香子氏、三上聡太氏等のお世話になった。記して深甚の謝意を表したい。

『あゝ 私の不幸な御母上様達よ!』

そこにも彼女は偉大な一行の抒情詩を残してゐる、

彼の女の抒情詩は野を越え、山を越え、海を渡つてマリヤのもと

へ走つてゐつた、

その時女人は嫉妬を感じ始めた、

『クリストは妾の子です』

クリストは売名を得た。

(俵修二編『詩華集 詩経4 1930版』京都詩話会、昭五・六・

十二 四四〜四六頁)

亡命貴族^{エミグレ}

金箔の付いた拳銃

肩章はいつも激突してゐる

シルクハットに頭蓋骨は即死を遂げてゐる

私は私の宮殿に逆立すると宮殿は私に異容に輝く、そこで一個の

ダイナマイトを仕掛る

生産のみが継続されるはずだと考へる時、私の貴族は遠景にある

白い霧の内に羅馬廢都がある、どんよくなものが幻想となる

膿物の痛む日だ

新しき整頓

一九三二・二

ぼくは手術用のナイフをふところにしてゐる

窓外は白皚々と雪の曠野

其の雪面に点々と血魂のあとを付けて一つの細菌を探してゐる男

僕のベツトさへ冷寒にをそはれる

体温など、呼吸など 蠟燭の火力でしかない潜伏期を脱出した

窒扶斯 膨張しきつた物凄くバチルス 窒扶斯患者の排泄物の

詳細なる分析 伝染性結腫 大腸鎖開等を黒色 薔薇色 栗色

黄色 薄桃色等 想像し得る限りの色彩を用ひて彩色して見る

それは疲れてゐるものの興味だ

ほんの小さな蝶々でもいゝ 其の羽撃^{ハタケキ}を夢見てゐたい

或は見へない気流でもいゝのだ

のばされた青白い腕のところに見付る皺くちやに寄せられたシイ

ツの一握りを 解けかゝる雪を

新しい倒壊を

跳ね上る馬を

繋れたる神経を

明日旭光がとどくだらう、あの鏡の面に

遙かな沖の波の音

蝶々はその光の中を泳いでゆく

木の葉がみんなその中へ注ぎこまれて流れてゆく

宇宙に大花輪があつて

高雅なる花が匂ふ 花が匂ふ。

(俵修二編『詩華集 詩経3 1929版』京都詩話会、昭四・十
一・三 二八〜三二頁)

女王

お前がその宝の半分でも公衆に投げてやつたら劇場は拍手で破れ

返るのだ

お前に花や贈物をくれるだらう

そしてお前の一滴の涙で幾百と云ふ眼が泣き出すのだ

だがお前は乞食だ、哀れな浮浪人だ

悲しみがあるのさ、此処では一体誰がお前の裕かな感情に答へる

んだい？

お前の価値が解るのは誰だい？ 俺を除けたら誰だい？

だが訳もなしに自分の魂をぼろ／＼にすることがあつてはならな
い

さあ！ お前は舞台では王女だ、お前は王女の生活をし、姫の考

へに苦しみ哀れな若者に

千万の兄弟でも愛せない程若者を愛するんだ

お前は！ お前は若くて美しい、お前の眼は火が燃えてゐる、話

には音楽がある、動作には美がある、

お前は女王となり舞台へ出て舞台から引込む

彼の女と売身

一人の乙女は、或日美少年に聖霊を感じさゝれた

彼の女は同時に世間智と世間愚と美德との中で戦ひをつゞけて行

つた

『彼の女の一生は無性に淋しかった』

●
彼の女は機械である、あらゆる男人は手数を省く為に機械も必要

であらう、

しかしあらゆる男人は彼の女の残した一行の詩をものこさなかつ

たであらう！

●
彼の女は世間智、愚、美德を腹にやどして居た、彼の女自身誰の
子かわからなくなつた、

おゝ 悦びを齎せ

そしてその新鮮な、豊かな枝を撓めつゝ

彼の人がやさしい手を延ばして黄金の飾りを手折るのだ！

(俵修二編『詩華集 詩経Ⅱ』京都詩話会、昭四・四・二二 二四

〜二八頁)

風にも光にも

藻の匂の満ちた風の中をお前も歩いてくる

葡萄山を下つて、あそこには石段があるのだ彼女は酔つてゐる足

なみは月の光に流されてゐる

蜜蜂が暗い花かげに集るやうに

吹く風の呼吸いきよりも柔かに、さ揺ぐ蔓を搔い分けて 顫へる叢を

匍つてくる

この流にも身を屈めかよわ繊弱い姿を写してゐる

暴い流はあはたゞしくお前の姿をも流してゆく

花を引き裂いて一片一片流すように、

水が迸る その飛沫は舞ひ上り、わたしの頭へ飛び散る お前の

白い手がとゞく、

私が今この縄梯子を空の枝に結へよう

お前のやさしい足が下りてくる

あれ 木の枝にからまつて顫へてゐる

こゝから凭りかゝつてゐるわたしの方が余計に顫へてゐる、

温い野性の花が明るい光の縞となり

その上を飛びこへてお前の髪の毛がわたしの膝までからまつてく

る、

光にとけ 風に流れ 水に沈んで

ひしひしと私へよせてくる

髪の毛は薄らぎ 額や顚顚のあたりはやつれ震姿やつれてゐるが いつも

手に花を持つてゐる

お前の幸福よ、わたしを呼びにくるやさしみよ、

わたしは風にも光にも跪くことが出来る。

一九二九・九・一四

花輪をめぐる

育ち上つた蝶々が

窮屈な蛹の中から すばやく羽根を拡げて

脱け出して 有るかぎりの力で

日のいつぱいにさしてゐる瀬気の中を飛び廻る

そこでは鳥の啼声 風の戦ぎ

柔かい夢を搔い分けて

(過去の作品より)

いゝえ、私はそなたを振り落さうとはしない
 そつとこうして また欄干に手を置く
 そなたもいそぐならこの道が続けてお歩き
 ああ！ どんな変りやうだ、魔法でもかけられたやうに
 もとは唯籠の椽をこの虫けらが匍つて行つたばかりで
 中の木の実に触れもせずに
 さあ、わたしの手の上を通つて 私はすっかり酔つてゐる
 そなたの歩くのさえも嬉しい
 今なら わたしは石垣の狭い椽をも歩けよう
 もしもまた水の中にも落ちれば
 わたしはその柔かい冷たい腕にだかれよう
 私は暗碧い底の重苦しい黄金の鱗ひれ
 善良な眼を持つ奇怪な動物たちと遊ぼう
 また暗い森の外廊の中までたどりつくなら
 小鳥の群、いたち等の口先や
 賢まっげさうな眼許の睫まつげを持つて来て
 わたしの素足の指にさわるであらう
 蜘蛛よりもなほ細く

鎖よりもなほ堅い若々しき生命いのちよ。

彼の人は訪ずれた

拡大なものがお前の眼前に横たはつてゐる
 まるで天地が若返つたやうに
 久し振りで希望に満ちた青春が
 見知らぬ明るい未来へとお前を招いてゐる
 曾て味はつた恋の言葉がほのかにかへつてくるやうな気がする
 鶯も恰度あの時のまゝに啼いてゐる
 花の香も当時の儘で
 そして私は幸福に酔ひつぶれてゐた
 ——胸もふくらめ！
 おゝ 幸福を告げ渡る春模様
 この植物にも遂に一度は甘露を恵んで呉れ
 清らかな砂地の上を肌ざはりのなめらかな河水が
 澄明な、静かな水を以てニンフの肌を柔かに抱きすくめた時代が
 きた
 空高く、空高く
 幾千の小枝がすくすくと手を延ばし、
 やがては花を結べ

花のやうな真白な鷺鳥らが
わたしの恋にもうち交る。

回顧

波の退いた荒砂のあとに
貝殻が散らばつてゐる。

砂にこしを下して

いつまでも貝がらを見てゐるのが好きだ、
すなほな海の風景が写りだされてゐる
快活な波の音が響いてくる。

ふしぎな貝殻を手にして

その形を愛でぬ、その光を懐かしみぬ。

今！

入り目の海は涙目を見せてゐるのだが……
砂を噛んでみると

神経は耳の奥でくだかれる。

わたしは想ふ

ほんとうにわたしはさう想ふ

六月の梅雨の天気には

うすぐらい道で

むかし恋をすてたといふ かなしみがやつてくる。

こんな日は ひがないちにち化粧して

自分の美貌を愛でゝは

美しい姿に なげきをうちかける。

(俵修二編『詩華集 詩経』京都詩話会、昭三・十一・一 四四〇
四八頁)

吾が微笑

空に糸をはって

蜘蛛は獲物を求めてゐた

一匹の蠅に飛びついたが

彼にはあまり重かつた

彼等は細い糸にあやつられて

何時までも風に揺られてゐた

彼等は細い糸にあやつられて
何時までも風に揺られてゐた

俺とお前の恋は

それからどうなることか

うつろなる想念

青苔の陰翳^{かげ}から

仄暗い幹の空洞^{うつろ}から

小さな蟻が 毛蟲が這ひ出る

信念に巢食ふ これらの蟲は

窓想から這ひぬけて

あたり一面ちらばつてゆく

僕の胸の室^{むろ}には

いつの頃からか青苔が生えてゐる

(京都詩人協会編『昭和二年 京都詩集 1927版』丸善、昭二・
十二・四 四八〜五〇頁)

閑なる月^{しづか}

月は笑窪を見せてゐる。

湯あがりのまつげを にじませて

ねるの匂ひを にほがせて

ふしぎな言葉で うたつてゐる。

月は洗濯女のやうに

綺麗な流れで 真白なシャツをすゞぎながら

愛憐^{かあい}いこえでうたつてゐる。

この村の若者が恋をするとき着るシャツは

夜な夜な月が洗ふのだつた。

居酒屋^{パレ}は煙やコップで一杯で

にこれた接吻^{べせ}を交してゐるときに

月は

ひんやりとした恋をしてゐる。

祭や 日曜日の翌朝には

どの無花果の葉蔭にも

きつと昨夜の むつごとがほしてある。

清らかな小川^{ながれ}や 小さな村の優しい名や

空の円外套ロトンドに包まれて
健康な皮膚と
聞きわけのない乳房に気づく

秋

卓上の林檎

秋の日によく磨かれてゐる

彼女は浴後のからだに

うつすりと薔薇色の粉おしろい

やがて

彼女の

夜会の鏡に代へられた

ラジオ

空の縫目から
科学的な夜が下り

このマイクロフォンに
夜はすばらしく饒舌りはじめた

(内藤振策編『一九二七年詩集』抒情詩社、昭二・七・十五—
七八—一八〇頁)

恋と昆虫

I 蠅螂

秋の空は一枚の青桐の葉だ

表はすみきつた青さ

裏には蠅螂の恋かある

彼の女の高潔な眼は

僕の理念を食ひ尽してしまつた

II 蠅捕蜘蛛

空に糸をはつて

蜘蛛は獲物を求めてゐた

一匹の蠅は飛びついたが

彼にはあまり重かつた

鉄ついで強れつな力で打ち下した

石づみの間がくづれ落ちた

出来もののうみの間から幾千のありが

ころ／＼散ばる集団をかいかんで見てみた少年。

現実が自分の上に見まった

生命なんて一足でふみつぶされた毛虫だ。

悲さんと云ふ言葉をさがす余ゆうはない。

しよういだんを手がるに飛びこえて夜の街を走つた、

わずかな暗らやみの場所をさがして

今人は平和と云ふが

これだけの、しようげきを受けなければならなかったのか、

悲愴さは平和をもうすらげる、

写真

アルバムを開くと

新しい姿がうつされてゐる

ページを重ねることに

古い赤茶けたものばかり写つてゐる

レンズは物体をぎやくに写す機能をもつてゐる、

カメラのレンズで投した物体を

もう一度僕の眼丸をとうして見ると

ページがぎやくになつてゐた、

【付録】戦前のアンソロジーに収録された詩（七冊、十七篇）

別離

舞踏会のあとの氷菓子アイスクリイムに夜がとけた

貴女の腕は紅玉ルビーを

出発の赤い信号燈のやうに動かした

窓を揺りながら風が翻弄からかひ

砕けた硝子の空から海に降る雨が来た

貴女あなたの戯談口おひやかしに

ぼくはあまりにみすばらしい

春

人工えい星だ、宇宙開発だと工夫してゐるが
 ぼくの安住はしをつばい一さじの海水だ
 それでも七十年も過した

権利^{けん}

こぶしを振り上げているが
 どうしても打ち下せない
 永い時のポーズだから……

なる程思ひ切り打ち下した
 現在と過去が入り乱れて散つた！
 苦痛が波紋となつてひろがつて行く
 整理にかなりの時間がかつた

このポーズのまゝでいゝ
 もう地球が何回まわろうとも……
 少しかたくななポーズだが、

ロストロ、ヴィチのチエロをきゝながら

かすかな遠雷が聞える夜
 いな妻は見えないが
 一人座つてゐるとひざ元から
 つたわつてくる。

土の叫びに気味悪い地響
 ロストロ、ヴィツチのチエロが
 動きもしない僕に……
 しびれを切らしてしまふ、

古い詩集を取り出して……
 平和の奢侈を 取りかえしてゐると
 今では僕だけに聞える遠雷だ

もうれつな閃光とさくれつ音に
 両手を出来るだけ広げて
 愛児をかばつた
 その雷鳴が 今は遠くで……
 不しぎに心地よいリズムに聞えてならない

バルトークの二台のためのソナタと打楽器のためのソナタ

耳なり

風が吹くと

遠方からの話声が聞える。

掌をサジの形にして

耳たぶにあてると

はつきりとなりの対話らしくもある

年老いた ぼくの手の上でも

日記の古いページを開くと

月日が記してある

気にしなくても……と思ふのだが。

遠くからの対話が

どうも耳に付く

ぼくは呼吸のたえる時まで、

聞いてゐたい、

少し遠方だが

写真帖

古い写真帖を開いて見る

赤茶けた写真が何枚も帳^{ママ}つてある

半世紀も過ぎたと云ふのに、……

花もきれいに開いてゐる。

芝ふも青々ともえてゐる

だがどこかピントがあつていない

新しく買った写真機のせいか？ ……と

掌を写真の上におくつて

又ひらいて見る

ぼくの手のがうが

ピントをくるわせてゐる、…

生存

円高、輸入越加^{ママ}とさわがれてゐるのに

ぼくのけいざいは、白茶けた一つぶの砂つぶだ

地球の上に線を引いて、陣取り合戦をして取るのに

ぼくの権利なんて爪色の一つぶの孤氷だ

に当時のモダニズム詩の影響を受け、即物的な作品が増えた。詩集に『思慕哀吟』（京都詩人協会、大十五・二）、天野、相沢等との合著詩集『公爵と港』（青樹社、昭三・三）があり、戦前の七冊のアンソロジーにも詩篇を掲載していたが、戦後に詩を発表していないようである。

さて京都画専を卒業して広島県に帰省した左近は、美術教師として県立呉高女、呉一中に勤務したが、戦時中の混乱期に天野との音信が途絶えた。戦後は詩作から離れたが、呉高女と呉一中の後身である県立三津田高校や呉阿賀（現・呉工業）高校で教え、定年後は広島女子商業高校の講師をしていた。

彼は寡黙、柔和な人柄で、若い頃から詩と書道を好んだが、戦後はおもっぱら専門であった日本画とあわせてクラシック音楽の趣味に没頭したという。

昭和十年九月十七日に、荒谷二三子と結婚した。二三子は当時呉一中の琴の教師で、明治四十四年三月十六日、呉市に生まれていた。実際には同居した時期はもつと以前なのである。昭和十年九月十日に、呉市古川町三八の家で長男・香樹が誕生している。

さらに十三年五月二十七日、転居をした呉市下山手町六四の家で次男・征樹が誕生。十六年二月十八日に長女・衿子、二十三年十月五日に三男・美樹が生まれ、三男一女の父となった。

左近は、長女の衿子が三津田高校を卒業したのち上二河町に転居

した。衿子は三十八年に長谷信二と結婚して呉市広に住んだが四一年から焼山政敏三丁目に定住。左近は五十一年十二月六日から夫妻で長谷家の庭にアトリエ付きの家を建てて移り住んだ。しかし昭和五十五年十二月二日に二三子が死去。自身も呉市の共済病院に約二年入院し、昭和五十六（一九八一）年七月十八日に脳梗塞で亡くなった。左近の葬式の際、弔辞（代読）を送った天野隆一は、同年に呉まで弔問に訪れた。戦時中から音信の途絶えていた天野に左近の死を報せるべく奔走したのは次男・征樹の妻であった。

左近は戦前からマルクス主義を信奉していたというが、自分の詩集や『青樹』は大切に残し、それらは歿後も次男宅に長く残されていた。だが芸予地震で書齋が被害に遭ったのを機に処分されたのだという。

筆者は平成二十三年一月に、呉市焼山の長谷氏宅を訪ねた際、左近こと小倉義光が昭和二十一年から五十四年までに用いたA5判のスケッチ帳に、彩色入りのデッサンのほか七篇の詩が記載されていたのを知った。以下にそれらを紹介しておきたい。誤記と思われる箇所には「ママ」を付した。句読点の判別のほか、判読の困難な箇所もあった（「生存」の四行目「孤氷」、「ロストロ、ヴィチのチロ」をきゝながら）の十行目「奢侈」が、仮に記述しておくことにした。

資料紹介——左近司の未発表詩篇ほか

(人文社会系分野) 外村 彰

Introducing Materials: Unpublished Book of Poems and Others by Sakon Tsukasa

(Faculty of Humanities and Social Sciences) Akira TONOMURA

Abstract

I introduce the unpublished post-war book of poetry by the poet Sakon Tsukasa (1904–1981). The author was active from pre-war times in the Kyoto poetry magazine *Seijin*, and was a high school art teacher in Kure, Hiroshima. Among the appended materials I have also included the poems found in his seven-volume anthology.

Key Words: SAKON Tsukasa, unpublished book of poetry, anthology

左近司は、半世紀以上にわたり呉市に在住した詩人・画家である。彼は明治三十七（一九〇四）年一月三日、石川県石川郡出城村（現・白山市）北安田一一七五（又六番地）に、父・清太郎、母・糸の長男として生まれた。本名は小倉義光^{おぐらよしみつ}。父は獣医だった。京都市立美術工芸学校から京都市立絵画専門学校（現・京都市立芸術大学）に進み、その間後輩の天野隆一（画号・大虹^{たいこう}。一九〇五〜一九九九）が大正十二年に主宰した『桐の花』に小倉萩雄の名で加わり、十五年一月発刊の詩誌『青樹』同人となった。昭和二年三月に京都絵専を卒業してから、実家のあった広島県佐伯郡玖波町幸町に移り、七年春には呉市胡町四一に住んでいた。遠方ながら昭和十二年の『青樹』終刊まで、有力同人の一人として活躍を続けている。左近の作風には叙情的かつ感傷的な傾向が色濃く存したが、次第

平成24年（2012年）

研究業績一覧

研究業績一覧凡例

平成24年4月～平成25年3月 (Apr., 2012～Mar., 2013)

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

- [1] **森野数博**, 皮籠石紀雄 (鹿児島大), 吉見祥吾 (富士重工業), 山根健作 (鋼板工業), 深田一徳 (鋼板工業): Alloy718 の中高温における疲労き裂の発生に及ぼすラジカル窒化の影響: 材料, 61 巻 (4 号), pp. 385-391, (2012 年)
- [1] 皮籠石紀雄 (鹿児島大), 東 晃広 (鹿児島大院), 陳 強 (高知高専), 中村祐三 (鹿児島大), **森野数博**: 高湿度下における Al 合金 2017 の疲労特性に及ぼす微視組織の影響: 材料, 61 巻 (6 号), pp. 556-563, (2012 年)
- [1] 仮屋孝二 (第一工大), 前田季輝 (鹿児島大院), 皮籠石紀雄 (鹿児島大), 陳 強 (高知高専), 中村祐三 (鹿児島大), **森野数博**: Al 合金 7075-T6 押出し材の疲労き裂伝ば挙動に及ぼす湿度の影響: 材料, 61 巻 (8 号), pp. 712-718, (2012 年)
- [4] **森野数博**: 複合教育によるものづくり技術者の育成: 日本機械学会誌, 115 巻 (1121 号), pp. 210-213, (2012 年)
- [4] **森野数博**, 大塚友彦 (東京高専) 編: 特集「夢をカタチに, これからも ー高専教育 50 年ー»: 工学教育, 61 巻 (1 号), pp. 5-234, (2013 年)
- [6] 西村太志 (徳山高専), **森野数博**: ラジカル窒化を施した球状黒鉛鋳鉄の疲労強度に及ぼす欠陥寸法の影響: 日本材料学会第 61 期学術講演会, (2012 年 5 月, 岡山大)

人文社会系分野

- [1] **谷岡憲三, 光井周平, 板東能生**, 南 雅樹 (米子高専), 森田正利 (松江高専), 松本浩介 (〃), 原田寛治 (津山高専), 濱田朋起 (広島商船高専), 上 俊二 (徳山高専), 菅原 剛 (宇部高専), 伊藤正一 (大島商船高専): 中国地区高専陸上競技部合同合宿の取組みとその効果: 論文集「高専教育」, 第 36 号, pp. 621-626, (2013 年)
- [5] **富村憲貴, 木原滋哉**: 海外交流研修と学生の英語体験: 呉工業高等専門学校研究報告, 第 74 号, pp. 35-40, (2012 年)
- [2] **Kazuaki ICHIZAKI**: “Prosodic Traits of President Obama’s Utterances in a Hangout”: *Proceedings of 14th Joint Seminar on English Phonetics in Seoul*, pp. 14-19, (2013 年 3 月 18 日, Seoul National University, KOREA)
- [6] **市崎一章**: 「オバマ大統領の発話分析ー1対1のインタビューよりー」: 日本英語音声学会第 17 回全国大会予稿集, pp. 10-17, (2012 年 6 月 2 日, 北見工業大学)
- [6] **市崎一章**: 「オバマ大統領の発話分析ーハングアウトよりー」: 日本英語音声学会第 11 回九州沖縄四国支部大会予稿集, pp. 11-18, (2012 年 11 月 10 日, 高知大学)
- [1] **外村 彰**: 室生犀星『愛の詩集』考ーロマンチズムからの照射ー: 日本文芸学, 第 49 号, pp. 71-84, (2013 年 3 月)
- [3] **外村 彰**: 犀星文学 いのちの呼応 一庭といきものー: 鼎書房, (2012 年)
- [3] **外村 彰** (編): もくはんのうた 高橋輝雄作品集: 龜鳴屋, (2012 年)
- [3] **外村 彰** (編): 多喜さん詩集: 龜鳴屋, (2013 年)
- [3] **外村 彰** (共編): 芥川と犀星: おうふう, (2012 年)
- [3] **外村 彰** (共編): 太幸とかの子: おうふう, (2013 年)
- [3] **外村 彰** (分担執筆): 精選女性随筆集 第四巻 有吉佐和子 岡本かの子: 文藝春秋 (川上弘美編, 解説 (岡本かの子) を担当), (2012 年)
- [3] **外村 彰** (分担執筆): 高等学校 国語総合 教授資料: 数研出版 (六月 茨木のり子・I was born 吉野弘を担当), (2013 年)
- [4] **外村 彰**: 以倉紘平監修、苗村吉昭・外村彰編『大野新全詩集』: 論究日本文学, 97 号, pp. 125, (2012 年 12 月)
- [5] **外村 彰**: 詩人・高祖保の歌 (古調を愛した詩人): ポトナム, 89 巻 (6 号), pp. 62-65, (2012 年 6 月)
- [5] **外村 彰**: 室生犀星『蜜のあはれ』考 ー金魚の冥通力ー: 呉工業高等専門学校研究報告, 74 号, pp. 64-42

(2012年10月)

- [5] **外村 彰**：室生犀星『かげろふの日記遺文』の人間像：立命館文学，630号，pp.259-268，(2013年3月)
- [6] **外村 彰**：室生犀星『蜜のあはれ』考—成立と構想—：日本文芸学会，(2012年6月，大阪産業大学梅田サテライトキャンパス)
- [6] **上杉裕子**：アメリカ女性詩人 Sylvia Plath と夫イギリス桂冠詩人 Ted Hughes—比較文化の視点から—：高専機構 女性研究者研究交流会 ポスター研究発表，(2012年12月，学術総合センター)
- [6] **上杉裕子**：Sylvia Plath と Ted Hughes—愛の破綻と詩の創造：異文化の狭間で—：中・四国アメリカ文学会 冬季大会，(2012年12月，別府大学)
- [4] **山岡俊一，林 和彦，岩本英久，佐賀野健，仁保 裕，井上浩孝，上寺哲也，溝上裕二** (呉高専非常勤講師)：地域貢献活動の提案・実践による人間力教育—授業「キャリア開発セミナー」—：工業教育，9月号，pp.20-23，(2012年)
- [4] **佐賀野健**：「JT サンダーズ対大分三好ヴァイセアドラー」戦評：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 (2013年)
- [6] **山岡俊一，林 和彦，岩本英久，佐賀野健，上寺哲也，井上浩孝，仁保 裕，溝上裕二** (呉高専非常勤講師)：地域貢献活動の提案・実践による人間力教育「キャリア開発セミナー」について：平成24年度全国高専教育フォーラム，(2012年8月，東京)
- [4] **岩城裕之**：医療従事者のための方言の手引き：日本語学，通巻396号(第31巻8号)，pp.36-45，(2012年7月)
- [6] **岩城裕之，林 和彦，山岡俊一，上寺哲也，井上浩孝，三村陽一，佐々木伸子**：呉高専における導入教育—カリキュラム編成の軌跡と実践報告—：日本高専学会，第18回年会，(2012年8月，近畿大学高専)
- [6] **林 和彦，岩城裕之，山岡俊一，上寺哲也，井上浩孝，三村陽一，佐々木伸子**：導入教育「技術者入門」の実施報告：平成24年度全国高専教育フォーラム，(2012年8月，東京)
- [6] **三村陽一，山岡俊一，林 和彦，岩城裕之，上寺哲也，井上浩孝，佐々木伸子**：高専1年時に行う導入科目の新設に向けた検討：土木学会第67回年次学術講演会，(2012年9月，名古屋大学)
- [6] **林 和彦，岩城裕之，山岡俊一，上寺哲也，井上浩孝，三村陽一，佐々木伸子**：導入科目「技術者入門」について：平成24年度 中国・四国工学教育協会 高専教育部会 教員研究集会，(2012年11月，岡山市)

- [1] **吉川祐樹, 井上浩孝, 加納誠二, 光井周平, 笠井聖二** : 学科に依存しない情報リテラシー教育への取り組み : 論文集「高専教育」第 36 号, pp. 121-125, (2013 年)
- [6] **笠井聖二** : 物理教育の改善における到達度試験結果の利用方法の検討 : 平成 24 年度全国高専フォーラム教育研究活動発表概要集, AK22_2_3, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] **山田祐士, 笠井聖二, 佐々木智大, 三見智子** : 呉高専における連絡網システムの導入事例について : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 265-266, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] **吉川祐樹, 井上浩孝, 加納誠二, 光井周平, 笠井聖二** : 情報リテラシー教育への取り組みについて : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 57-58, (2012 年 8 月, 国立オリンピック記念青少年総合センター)
- [6] **笠井聖二** : 高専物理教育におけるクリッカーデータの活用について : 日本物理学会第 68 回年次大会, 26pXD-11, (2013 年 3 月, 広島大学)
- [4] **林 徳治** (立命館大学), **若杉祥汰** (〃), **黒川マキ** (大阪学院大学), **河崎拓郎** (立命館大学), **北村光一**, **原田 肇** (京都府八幡市立男山中学校) : 教養ゼミナール (53) 情報通信社会におけるコミュニケーション活動ーアクティブラーニングによる自律的な学びー : 2012 年度 立命館大学共通教育 前期 活動報告書, p. 25, (2012 年 10 月, 立命館大学 BKC)
- [4] **林 徳治** (立命館大学), **若杉祥汰** (〃), **黒川マキ** (大阪学院大学), **中村研二** (立命館大学), **北村光一**, **原田 肇** (京都府八幡市立男山中学校) : 教師のための教育的コミュニケーション活動 : 2012 年度立命館大学教職課程科目 学校教育演習 活動報告書, p. 66, (2013 年 3 月, 立命館大学 BKC)
- [4] **竹内 渉** (岡山理科大学), **木村 宏** (〃), **北村光一**, **岡戸真理子** (岡山理科大学), **本田絢也** (環太平洋大学) : 岡山オルガノンにおける大学連携による教育の共有化ーIIー ライブ型遠隔授業や VOD 方式による e-Learning 教育ー : 岡山理科大学情報処理センター研究報告, 第 33 号, pp. 45-54, (2012 年 3 月)
- [6] **北村光一**, **林 徳治** (立命館大学) : 高専生における主体的学習をめざした数学科授業の設計と実践 Iー呉高専生の学習に関する意識調査を通してー : 日本教育情報学会第 28 回年回論文集, pp. 248-249, (2012 年 8 月, 聖徳大学)
- [6] **深澤謙次**, **高遠節夫** (東邦大) : Maxima 上での KETpic の実装について : RIMS 研究集会「数学ソフトウェアと教育」, (2012 年 8 月 21 日, 京都大学数理解析研究所)
- [5] **赤池祐次** : 東京高専と呉高専の数学カリキュラム比較 : 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 44 (2) 号, pp. 11-16, (2013 年 3 月)
- [4] **山岡俊一, 林 和彦, 岩本英久, 佐賀野健, 仁保 裕, 井上浩孝, 上寺哲也, 溝上裕二** (呉高専非常勤講師) : 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育ー授業「キャリア開発セミナー」ー : 工業教育, 9 月号, pp. 20-23, (2012 年)
- [6] **岩城裕之, 林 和彦, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 呉高専における導入教育ーカリキュラム編成の軌跡と実践報告ー : 日本高専学会, 第 18 回年会, (2012 年 8 月, 近畿大学高専)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 導入教育「技術者入

門」の実施報告：平成 24 年度全国高専教育フォーラム，（2012 年 8 月，東京）

- [6] **山岡俊一，林 和彦，岩本英久，佐賀野健，上寺哲也，井上浩孝，仁保 裕，溝上裕二**（呉高専非常勤講師）：地域貢献活動の提案・実践による人間力教育「キャリア開発セミナー」について：平成 24 年度全国高専教育フォーラム，（2012 年 8 月，東京）
- [6] **三村陽一，山岡俊一，林 和彦，岩城裕之，上寺哲也，井上浩孝，佐々木伸子**：高専 1 学年時に行う導入科目の新設に向けた検討：土木学会第 67 回年次学術講演会，（2012 年 9 月，名古屋大学）
- [6] **林 和彦，岩城裕之，山岡俊一，上寺哲也，井上浩孝，三村陽一，佐々木伸子**：導入科目「技術者入門」について：平成 24 年度 中国・四国工学教育協会 高専教育部会 教員研究集会，（2012 年 11 月，岡山市）
- [1] Motoki Kino (国立天文台), Hirotaka Ito (京都大学), **Nozomu Kawakatu**, Monica Orienti (ボローニャ大学) : New class of very high energy γ -ray emitter: radio-dark mini-shells surrounding in AGN jets : The Astrophysical Journal, 764 (2), pp.134-138, (2013 年)
- [1] Akihiro Doi (宇宙航空研究開発機構), Hiroshi Nagira (山口大学), **Nozomu Kawakatu**, Motoki Kino (国立天文台), Hiroshi Nagai (〃), Keiichi Asada (台湾中央研究院) : Radio Galaxies in Narrow-line Seyfert 1 Galaxies : The Astrophysical Journal, 760 (1), pp.41-51, (2012 年)
- [1] Donghoon Son (ソウル大学), Jong-Hak Woo (〃), Sang Chul Kim (〃), Hai Fu (カリフォルニア大学), **Nozomu Kawakatu**, Vardha N. Bennert (カリフォルニア理工州立大学), Tohru Nagao (京都大学), Daeseong Park (ソウル大学) : Accretion Properties of High- and Low-Excitation Young Radio Galaxies : The Astrophysical Journal, 757 (2), pp.140-152, (2012 年)
- [1] Motoki Kino (国立天文台), **Nozomu Kawakatu**, Fumio Takahara (大阪大学) : Calorimetry of AGN Jets: Testing Plasma Composition in Cygnus A : The Astrophysical Journal, 751 (2), pp.101-109, (2012 年)
- [1] **川勝 望**, 白川友紀 (筑波大学), 本多正尚 (〃), 戸田さゆり (〃) : 筑波大学「理数学生応援プロジェクト」とスーパーサイエンスハイスクールとの関係 : 大学入試研究ジャーナル, 23, pp.185-189, (2012 年)
- [2] **川勝 望** : Dynamical evolution of AGN cocoons (招待講演) : Relativistic jets in AGNs, (2012 年 11 月, NAOJ, Japan)
- [2] **川勝 望**, 和田桂一 (鹿児島大学) : Coevolution of AGNs and nuclear starbursts : AGN Workshop 2012 in Jeju, (2012 年 9 月, Jeju Island, Korea)
- [6] **川勝 望** : サブミリ波観測で探る活動銀河核の形成と進化 (招待講演) : ALMA ミリ波サブミリ波観測で押さえる銀河の基本観測量とその理解, (2013 年 2 月, 国立天文台)
- [6] **川勝 望** : 銀河とブラックホールの共進化 (招待講演) : 銀河進化と遠方宇宙 2013 (第 1 回), (2013 年 2 月, コープイン京都)
- [6] **川勝 望** : ALMA で探る超巨大ブラックホール形成 (招待講演) : ALMA 時代の宇宙構造形成理論, (2013 年 1 月, 北海道大学)

- [6] **川勝 望**, 紀 基樹 (国立天文台) : 膨張コクーン力学から探る AGN ジェットのプラズマ組成:陽電子は必要か? : 日本天文学会秋季年会, (2012 年 9 月, 大分大学)
- [6] **川勝 望**, 和田桂一 (鹿児島大学) : AGN-Nuclear SB connection in Compton thick AGN : 松山ブラックホールワークショップ 2012-ASTRO-H 衛星で目指すブラックホール研究の新展開-, (2012 年 6 月, 愛媛大学)
- [6] **川勝 望**, 白川友紀 (筑波大学), 本多正尚 (〃), 戸田さゆり (〃) : 筑波大学「理数学生応援プロジェクト」とスーパーサイエンスハイスクールとの関係:平成 24 年度全国大学入学者選抜研究連絡協議会, (2012 年 6 月, 岡山コンベンションセンター)
- [2] **Naoya Hiramatsu** : Remarks on subcategories of artinian modules : 第 34 回可換環論シンポジウム, (2012 年 11 月, IPC 生産性国際交流センター)
- [4] **平松直哉** : Remarks on subcategories of artinian modules : Proceedings of The 34th symposium on commutative Algebra in Japan, pp75-84, (2013 年 1 月)
- [5] **Naoya Hiramatsu** : Degenerations of graded Cohen-Macaulay modules : arXiv:1302.1643 [math.AC], (7. Feb. 2013)

機械工学分野

- [6] **尾川 茂**, 伊東紀明 (マツダ㈱), 徳山辰弥 (〃), 友重丈二 (〃), 藤本由紀夫 (広島大): 新開発した圧電フィルムセンサーの自動車衝突実験への適用: 日本設計工学会中国支部 講演論文集, No. 29, pp. 35-39, (2012年6月2日, 広島工業大学広島校舎)
- [6] 土井猛志 (都城高専), 白岩寛之 (〃), **西坂 強**: サイドシール強度に及ぼす熱刃設計の影響 (熱刃材質について): 日本包装学会第21回年次大会, (2012年7月, 東京大学)
- [6] **高津康幸, 野村高広**, 伊藤 勇 (呉高専専攻科): 多孔質内流れ場のLIF併用のPIV計測: 日本機械学会中国四国支部第51期総会・講演会講演論文集 (CD-ROM), No. 135-1, 1-2, (2013年3月, 高知工科大学)
- [6] 伊藤 勇 (呉高専専攻科), **高津康幸, 野村高広**: 多孔質を通過する気液二相流のボイド率計測: 日本機械学会中国四国学生会第43回学生員卒業研究発表講演会 (CD-ROM), 1-1, (2013年3月, 高知工科大学)
- [4] **岩本英久**: 高専連携によるアントレプレナーシップ醸成・キャリア教育の進展報告書: 平成22年~平成23年度 (独) 国立高等専門学校機構特別教育研究経費事業, pp. 20-25, (2012年3月)
- [4] **岩本英久**: 高専出身アントレプレナーによるパネルディスカッション: 第10回全国高専テクノフォーラム報告書, pp. 12-14, (2012年8月)
- [4] **山岡俊一, 林 和彦, 岩本英久, 佐賀野健, 仁保 裕, 井上浩孝, 上寺哲也**, 溝上裕二 (呉高専非常勤講師): 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育—授業「キャリア開発セミナー」—: 工業教育, 9月号, pp. 20-23, (2012年)
- [6] **岩本英久**: 医療福祉現場のニーズに応えた支援機器の開発: 情報処理学会研究報告 (招待講演), Vol2012-HCI-149 No. 8, (2012年7月, 下関)
- [6] **山岡俊一, 林 和彦, 岩本英久, 佐賀野健, 上寺哲也, 井上浩孝, 仁保 裕**, 溝上裕二 (呉高専非常勤講師): 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育「キャリア開発セミナー」について: 平成24年度全国高専教育フォーラム, (2012年8月, 東京)
- [6] **岩本英久**, 濱田高義 (くれ産振興), 藤原吉光 (藤原工業), 山路恵司 (KIT21), 繁村龍彦 (呉高専非常勤講師 (特命教授)): 呉における高品位介護のためのものづくり連携: 第2回高品位介護シンポジウム講演資料集, pp. 26-27, (2012年11月, 京都)
- [6] 平上ビクター (呉高専本科), 植村 匠 (〃), 光成 瞭 (〃), 守屋良治 (JMS), **岩本英久**: ロボットを用いた外科運針動作のモデル化 (第1報, 刺入点を基点とする運針法の提案): 第20回機械材料・材料加工技術講演会 日本機械学会, (2012年12月, 大阪)
- [6] 植村 匠 (呉高専本科), 平上ビクター (〃), 光成 瞭 (〃), 守屋良治 (JMS), **岩本英久**: ロボットを用いた外科運針動作のモデル化 (第2報, 刺入点を基点とした運針法における組織損傷の解析): 第20回機械材料・材料加工技術講演会 日本機械学会, (2012年12月, 大阪)

- [1] **野村高広, 高津康幸** : 尾ひれ推進船の設計製作を通したモノづくり型の卒業研究 : 工学教育, 第 60 巻 (第 5 号), pp. 50-55, (2012 年 9 月)
- [6] 木戸志紀 (呉高専専攻科), **野村高広, 高津康幸** : 直流モーターを利用した尾ひれ推進船の試作 : 日本設計工学会四国支部 2012 年度研究発表講演会講演論文集, pp. 59-60, (2013 年 3 月, 香川高専)
- [6] 久保駿平 (呉高専専攻科), **野村高広, 高津康幸** : ポンプ性能に及ぼす水温の影響 : 日本設計工学会四国支部 2012 年度研究発表講演会講演論文集, pp. 17-18, (2013 年 3 月, 香川高専)
- [6] **山田祐士, 笠井聖二, 佐々木智大, 三見智子** : 呉高専における連絡網システムの導入事例について : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 265-266, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] 飯田 翔 (呉高専専攻科), **山田祐士** : 空気圧シリンダを用いた階段昇降可能な車椅子の開発 : 日本機械学会中国四国学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, CDROM, (2013 年 3 月, 高知工科大学)
- [6] 平田力丸 (呉高専専攻科), **山田祐士** : 空気圧サーボ系の位置決め制御 : 日本機械学会中国四国学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, CDROM, (2013 年 3 月, 高知工科大学)
- [6] 江口修平 (呉高専専攻科), **山田祐士** : 空気圧人工筋肉の性能向上に関する研究 : 日本機械学会中国四国学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, CDROM, (2013 年 3 月, 高知工科大学)
- [6] 川村翔一 (呉高専専攻科), **山田祐士** : 空気圧シリンダを用いた福祉機器の開発 : 日本機械学会中国四国学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, CDROM, (2013 年 3 月, 高知工科大学)
- [6] **岩城裕之, 林 和彦, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 呉高専における導入教育一カリキュラム編成の軌跡と実践報告一 : 日本高専学会, 第 18 回年会, (2012 年 8 月, 近畿大学高専)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 導入教育「技術者入門」の実施報告 : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] **三村陽一, 山岡俊一, 林 和彦, 岩城裕之, 上寺哲也, 井上浩孝, 佐々木伸子** : 高専 1 学年時に行う導入科目の新設に向けた検討 : 土木学会第 67 回年次学術講演会, (2012 年 9 月, 名古屋大学)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 導入科目「技術者入門」について : 平成 24 年度 中国・四国工学教育協会 高専教育部会 教員研究集会, (2012 年 11 月, 岡山市)
- [1] **吉川祐樹, 井上浩孝, 加納誠二, 光井周平, 笠井聖二** : 学科に依存しない情報リテラシー教育への取り組み : 論文集「高専教育」第 36 号, pp. 121-125, (2013 年)
- [2] **Yuki Yoshikawa** : A Binding Algorithm in High-Level Synthesis for Path Delay Testability : Proc. the 18th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC), pp. 546-551, (Jan. 2013)
- [6] **吉川祐樹, 井上浩孝, 加納誠二, 光井周平, 笠井聖二** : 情報リテラシー教育への取り組みについて : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 57-58, (2012 年 8 月, 国立オリンピック記念青少年総合センター)

電気情報工学分野

- [2] **Futoshi Kuroki**: Difficulties in Circuit and Antenna Configurations for M2M systems at UHF band. -How do we draw the line between lumped and distributed circuits? - (Invited Paper) : Smart City Workshop 2012 in Singapore, (August, 2012 in Singapore)
- [2] Kento Ichinose (呉高専専攻科) and **Futoshi Kuroki** : Precise Range Finding Using Effective A/D Technique on NRD Guide Pulse Radar at 60 GHz : Electronic Proceedings of Thailand-Japan MicroWave 2012, 4 pages, (August, 2012 in Bangkok, Thailand)
- [2] Tomohiro Tanaka (呉高専専攻科) and **Futoshi Kuroki** : A Consideration on Operation Principle of Band-Stop Type of Self-Injection Locked NRD Guide Gunn Oscillator Using Equivalent Circuit Model at 60GHz: Electronic Proceedings of Thailand-Japan MicroWave 2012, 4 pages, (August, 2012 in Bangkok, Thailand)
- [2] Tomonori Morita (呉高専専攻科) and **Futoshi Kuroki** : Reflection and Radiation Characteristics of Vertical Strip Transmission Line Primary Radiator Using FR-4 Substrate at 60GHz : Electronic Proceedings of Thailand-Japan MicroWave 2012, 4 pages, (August, 2012 in Bangkok, Thailand)
- [2] Yasuyoshi Okita (呉高専専攻科), **Futoshi Kuroki**, and Yuki Kawahara (川島製作所) : A High Q Technique Using Fishbone-Shaped Tri-Plate Resonator and Its Applications at Millimeter Wave Frequencies : Electronic Proceedings of Thailand-Japan MicroWave 2012, 4 pages, (August, 2012 in Bangkok, Thailand)
- [2] Kento Ichinose (呉高専専攻科) and **Futoshi Kuroki** : A Cost-effective A-D Converting Technique on NRD Guide Pulse Radar System at 60 GHz : Proceedings of the 41th European Microwave Conference, pp. 33-36, (October, 2012 in Amsterdam, Netherlands)
- [2] Yasuyoshi Okita (呉高専専攻科), **Futoshi Kuroki**, and Yuki Kawahara (川島製作所) : Design on Fish-bone Shaped Tri-plate Transmission Line Filter at Millimeter Wave Lengths : Proceedings of the 41th European Microwave Conference, pp. 388-391, (November 2012 in Amsterdam, Netherlands)
- [2] **Futoshi Kuroki** and Tomohiro Tanaka (呉高専専攻科) : Consideration on Principle of Operation of Self-injection Locked NRD Guide Gunn Oscillator Using Equivalent Circuit Model : Electronic Proceedings of USNC-URSI National Radio Science Meeting D1-3, (January 2013 in Boulder, USA)
- [2] **Futoshi Kuroki** and Tomonori Morita (呉高専専攻科) : Vertical Strip Transmission Line Primary Radiator Etched on FR-4 Substrate at 60 GHz : Electronic Proceedings of USNC-URSI National Radio Science Meeting B7-8, (January 2013 in Boulder, USA)
- [3] **黒木太司** (分担執筆) : 現代電子情報通信選書「知識の森」マイクロ波伝送・回路デバイスの基礎 (橋本修監修, 電子情報通信学会編) : オーム社, 第1章伝送線路理論と伝送モード (pp. 13-28), 第3章各種導波路 (pp. 49-66), (2013年2月)
- [6] **黒木太司**、中島翔太 (呉高専専攻科) : 金属ロッド共振器を用いた 60GHz 帯自己注入同期 NRD ガイドガ

ン発振器：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 11-14，（2012年6月，岐阜）

- [6] 田中智大（呉高専専攻科），**黒木太司**：60GHz帯自己注入同期NRDガイドガン発振器における発振モードジャンプの数値的検討：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 15-18，（2012年6月，岐阜）
- [6] 井上晋吾（呉高専専攻科），**黒木太司**：FR-4基板を用いたBITラインにおける基本モード及び高次モードのミリ波伝送特性：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 37-40，（2012年6月，岐阜）
- [6] 井上晋吾（呉高専専攻科），**黒木太司**：FR-4基板を用いたBITラインにおける基本・高次モードの損失特性：電子情報通信学会ソサイエティ大会，C-2-2-31，（2012年9月，富山）
- [6] 森田智紀（呉高専専攻科），**黒木太司**：2次元パラボラ反射鏡で給電した60GHz帯レンズ付ホーンアンテナの設計：電子情報通信学会ソサイエティ大会，C-2-68，（2012年9月，富山）
- [6] 沖田靖能（呉高専専攻科），**黒木太司**，川原祐紀（川島製作所）：30GHz帯魚骨形トリプレート線路フィルタのチョーク回路の検討：電子情報通信学会ソサイエティ大会，CS-2-9，（2012年9月，富山）
- [6] 一瀬健人（呉高専専攻科），**黒木太司**：60GHz帯自己注入同期NRDガイドガン発振器用金属ロッド共振器の諸検討：電子情報通信学会ソサイエティ大会，CS-3-5，（2012年9月，富山）
- [6] 田中智大（呉高専専攻科），**黒木太司**：60GHz帯反射型自己注入同期NRDガイドガン発振器における発振モードジャンプの理論的・実験的検討（電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ第11回学生奨励賞受賞）：電子情報通信学会ソサイエティ大会，CS-3-4，（2012年9月，富山）
- [6] 一瀬健人（呉高専専攻科），田中智大（*リ*），**黒木太司**：金属ロッド共振器を用いた60GHz帯反射型自己注入同期NRDガイドガン発振器の発振特性の計算：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 1-4，（2012年9月，上福岡）
- [6] 田中智大（呉高専専攻科），**黒木太司**：60GHz帯帯域阻止型自己注入同期NRDガイドガン発振器における発振モード条件：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 5-8，（2012年9月，上福岡）
- [6] 沖田靖能（呉高専専攻科），**黒木太司**，川原祐紀（川島製作所）：1段チョーク回路から成る30GHz帯魚骨形トリプレート線路フィルタの設計：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 33-36，（2012年9月，上福岡）
- [6] 森田智紀（呉高専専攻科），**黒木太司**：2次元パラボラ反射鏡で給電した60GHz帯レンズ付きホーンアンテナにおけるビーム走査特性：電子情報通信学会マイクロ波研究会，pp. 55-58，（2012年9月，上福岡）
- [6] **Futoshi Kuroki**：Panel Session; Microwave Technologies are Flying Ahead to a New Horizon –Hopes and Expectations：Proceedings of Microwave Workshops and Exhibition 2012，pp. 7-18，（November 2012 in Yokohama）
- [6] **Futoshi Kuroki** and Ken Takei（日立研究所）：Report on Smart City Workshop 2012 in Singapore：Proceedings of Microwave Workshops and Exhibition 2012，pp. 89-95，（November 2012 in Yokohama）
- [6] 一瀬健人（呉高専専攻科），**黒木太司**：低廉化・堅牢化を目的とした60GHz帯NRDガイドガン発振器用金属ロッド共振器：豊橋技科大高専連携プロジェクト中間報告会資料，（2012年12月，大船）

- [6] 田中智大 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 汎用パッケージ封入ガンダイオードを用いた 77GHz 帯 NRD ガイドガン発振器の問題点: 豊橋技科大高専連携プロジェクト中間報告会資料, (2012 年 12 月, 大船)
- [6] **黒木太司**, 國重健吾 (呉高専本科): 315MHz 帯地板付クロスミアンダラインアンテナの検討: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 77-80, (2012 年 12 月, 山梨)
- [6] **黒木太司**, 沖田靖能 (呉高専専攻科): 60GHz 帯垂直偏波検出プローブの試作: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 81-84, (2012 年 12 月, 山梨)
- [6] **黒木太司**, 井上晋吾 (呉高専専攻科), 森田智紀 (〃), 久保遥平 (呉高専本科): 94GHz 帯 NRD ガイドの設計: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 1-4, (2013 年 1 月, 東京)
- [6] 河合邦浩 (NTT ドコモ), 本城和彦 (電通大), ポカレルラメシュ (九大), **黒木太司**, 陳 春平 (神奈川大), 鴨田浩和 (ATR): [特別講演] 2012 年ヨーロッパマイクロ波会議出席報告: 電子情報通信学会マイクロ波研究会, pp. 121-128, (2013 年 3 月, 広島)
- [6] 一瀬健人 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 金属ロッド共振器を用いた 60GHz 帯自己注入型 NRD ガイドガン発振器の発振特性測定: 豊橋技科大高専連携プロジェクト年次報告会資料, (2013 年 3 月, 豊橋)
- [6] 田中智大 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 自己注入同期 NRD ガイドガン発振器における安定同期条件の検討: 豊橋技科大高専連携プロジェクト年次報告会資料, (2013 年 3 月, 豊橋)
- [6] 田中智大 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 60GHz 帯帯域阻止型自己注入同期 NRD ガイドガン発振器における発振モードジャンプの理論的・実験的検討: 電子情報通信学会総合大会, C-2-8, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [6] 沖田靖能 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 直線偏波検出用 60GHz 帯プローブ: 電子情報通信学会総合大会, C-2-48, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [6] 森田智紀 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 垂直ストリップ線路放射器を用いた 60GHz 帯アレイアンテナの検討: 電子情報通信学会総合大会, C-2-49, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [6] **黒木太司**, 國重健吾 (呉高専本科): 315MHz 帯地板付クロスミアンダラインアンテナ: 電子情報通信学会総合大会, C-2-50, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [6] 井上晋吾 (呉高専専攻科), **黒木太司**: 94GHz 帯 NRD ガイドにおけるベンドの設計: 電子情報通信学会総合大会, C-2-63, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [6] 一瀬健人 (呉高専専攻科), 明石 歩 (呉高専本科), **黒木太司**: 平行平板内装荷 60GHz 帯金属ロッド共振器の無負荷 Q の測定: 電子情報通信学会総合大会, C-2-109, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [6] **黒木太司**, 久保遥平 (呉高専本科): 94GHz 帯 NRD ガイドサーキュレータ用フェライト共振器の設計: 電子情報通信学会総合大会, C-2-110, (2013 年 3 月, 岐阜)
- [1] 槇野洋平 (岡山大), **藤井敏則**, 今井 純 (岡山大), 船曳繁之 (〃): 反射率漸減型 PSO を用いた電力平準化システムの最適化: 電気学会論文誌 B, Vol. 132 No. 7, pp. 676-683, (2012 年)
- [1] **T Yamasaki**, S Namba (広大工), K Takiyama (〃), and H Nojima (サムスン): Effect of Cathode Length on Electrical Characteristics of a Microhollow Cathode Discharge in Helium: Jpn. J. Appl. Phys., 51 066001, (2012 年)

- [1] **T Yamasaki**, S Namba (広大工), K Takiyama (〃), and H Nojima (サムスン) :Pressure Dependences of Gas Temperature and Electron Density in Microhollow Cathode Discharges in He and He+H₂O Gases : Jpn. J. Appl. Phys, 51 126101, (2012 年)
- [5] **山崎 勉** : 高気圧水素混合ヘリウムプラズマの気体温度と電子密度の放電電流依存性 : 呉工業高等専門学校研究報告, 74 号, pp. 7-12, (2012 年)
- [1] **谷岡憲三, 光井周平, 板東能生**, 南 雅樹 (米子高専), 森田正利 (松江高専), 松本浩介 (〃), 原田寛治 (津山高専), 濱田朋起 (広島商船高専), 上 俊二 (徳山高専), 菅原 剛 (宇部高専), 伊藤正一 (大島商船高専) : 中国地区高専陸上競技部合同合宿の取組みとその効果 : 論文集「高専教育」, 第 36 号, pp. 621-626, (2013 年)
- [6] **板東能生**, 池端秀治 (呉高専専攻科) : ハーマン法の精度評価 : 日本熱電学会学術講演会 (TSJ2012), (2012 年 8 月 27 日, 東京工業大学)
- [1] **吉川祐樹, 井上浩孝, 加納誠二, 光井周平, 笠井聖二** : 学科に依存しない情報リテラシー教育への取組み : 論文集「高専教育」第 36 号, pp. 121-125, (2013 年)
- [4] **山岡俊一, 林 和彦, 岩本英久, 佐賀野健, 仁保 裕, 井上浩孝, 上寺哲也**, 溝上裕二 (呉高専非常勤講師) : 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育—授業「キャリア開発セミナー」— : 工業教育, 9 月号, pp. 20-23, (2012 年)
- [6] **岩城裕之, 林 和彦, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 呉高専における導入教育—カリキュラム編成の軌跡と実践報告— : 日本高専学会, 第 18 回年会, (2012 年 8 月, 近畿大学高専)
- [6] **吉川祐樹, 井上浩孝, 加納誠二, 光井周平, 笠井聖二** : 情報リテラシー教育への取組みについて : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 57-58, (2012 年 8 月, 国立オリンピック記念青少年総合センター)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 導入教育「技術者入門」の実施報告 : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] **山岡俊一, 林 和彦, 岩本英久, 佐賀野健, 上寺哲也, 井上浩孝, 仁保 裕**, 溝上裕二 (呉高専非常勤講師) : 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育「キャリア開発セミナー」について : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] 梅本雄大 (呉高専専攻科), **井上浩孝** : Self-Organizing Neural Grove and Its Incremental Learning Performance : 平成 24 年度日本神経回路学会全国大会, pp. 2-16, (2012 年 9 月, 名古屋)
- [6] 杉山享志朗 (呉高専専攻科), **井上浩孝** : Effective Pattern Recognition Using Self-Organizing Neural Grove : 平成 24 年度日本神経回路学会全国大会, pp. 2-18, (2012 年 9 月, 名古屋)
- [6] 向原康平 (呉高専専攻科), **井上浩孝** : A Study on GUI for Self-Organizing Neural Grove : 平成 24 年度日本神経回路学会全国大会, pp. 2-15, (2012 年 9 月, 名古屋)
- [6] **三村陽一, 山岡俊一, 林 和彦, 岩城裕之, 上寺哲也, 井上浩孝, 佐々木伸子** : 高専 1 学年時に行う導入科目の新設に向けた検討 : 土木学会第 67 回年次学術講演会, (2012 年 9 月, 名古屋大学)

- [6] 松井修一 (呉高専専攻科), **井上浩孝**: 自己組織化ニューラル木立を用いた効率的なパターン認識に関する研究: 平成 24 年度電気・情報関連学会中国支部第 63 回連合大会, pp. 458-459, (2012 年 10 月, 松江)
- [6] 吉田剛志 (呉高専専攻科), **井上浩孝**: 新指数型進化的プログラミングの有効性に関する研究: 平成 24 年度電気・情報関連学会中国支部第 63 回連合大会, pp. 254-255, (2012 年 10 月, 松江)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子**: 導入科目「技術者入門」について: 平成 24 年度 中国・四国工学教育協会 高専教育部会 教員研究集会, (2012 年 11 月, 岡山市)
- [1] 梶原和範 (広島商船), **平野 旭, 田中 誠**: Matlab によるデジタル信号処理実習—データ解析手順の導入と画像処理での関数適用法について—: 論文集「高専教育」, 第 36 号, pp. 265-270, (2013 年)
- [2] T. Sugitani (広島大学), S. Kubota (広島大学), **A. Toya** and T. Kikkawa (広島大学): Compact Planar UWB Antenna Array for Breast Cancer Detection: Proc. of 2012 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting, 356. 10, (July 8-14, 2012, Chicago, USA)
- [2] K. Sogo (広島大学), **A. Toya** and T. Kikkawa (広島大学): A Ring-VCO-Based Sub-Sampling PLL CMOS Circuit with -119.1 dBc/Hz Phase Noise and 0.73 ps Jitter: the 38th European Solid-State Circuits Conference, pp. 253-256, (September 17-21, 2012, Bordeaux, France)
- [2] K. Sogo (広島大学), **A. Toya** and T. Kikkawa (広島大学): -119.1 dBc/Hz Phase Noise Ring-VCO-Based PLL CMOS Circuit Using A Tunable Narrow-Deadzone Creator in Frequency Locked Loop: International Conference on Solid State Devices and Materials, J-6-3, (September 25-27, 2012, Kyoto, Japan)
- [2] T. Sugitani (広島大学), S. Kubota (広島大学), **A. Toya**, X. Xiao (天津大学) and T. Kikkawa (広島大学): Influence of Breast Organisms and UWB Antenna Array Configuration on the Resolution of Breast Cancer Detection: Proc. of 2012 International Conference on Solid State Devices and Materials, PS-11-1, (September 25-27, 2012, Kyoto)
- [2] **Akihiro Toya**, Kenta Sogo (広島大学), Nobuo Sasaki (群馬高専) and Takamaro Kikkawa (広島大学): 102.4 GS/s Impulse Sampling Circuit with Low Power and Low Timing Error Clock Generation: International Conference on Solid State Devices and Materials, J-5-1, (September 25-27, 2012, Kyoto, Japan)

環境都市工学分野

- [1] **森脇武夫**, 佐藤友彦 (早稲田大学), 古屋智郷 (呉高専専攻科): 自然堆積粘土の水平方向透水係数の評価法: 第 57 回地盤工学シンポジウム論文集, pp. 167-174, (2012 年 11 月)
- [5] 菊池喜昭 (港湾空港技術研究所), **森脇武夫**, 勝見 武 (京都大学), 平尾隆行 (中電技術コンサルタ

- ント), 蔦川 徹 (中電技術コンサルタント), 服部 晃 (日本触媒), 岡本功一 (日本触媒), 山田耕一 (五洋建設), 佐々木広輝 (五洋建設): 管理型海面廃棄物処分場に打設する基礎杭が底面遮水基盤に与える影響: 港湾空港技術研究所資料, No. 1252, pp. 1-41, (2012年6月)
- [6] **森脇武夫**, 古屋智郷 (呉高専専攻科): 圧縮方向の違いが自然堆積粘土の圧縮性と透水性に及ぼす影響: 第64回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, III-8, (2012年6月, 呉市)
- [6] **森脇武夫**, 脇岡宏行 (呉高専専攻科): 自然堆積粘土の圧密に伴う骨格構造の変化に関する研究: 第64回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, III-11, (2012年6月, 呉市)
- [6] 岡本功一 (日本触媒), **森脇武夫**, 菊池喜昭 (港湾空港技術研究所), 蔦川 徹 (中電技術コンサルタント), 平尾隆行 (中電技術コンサルタント), 服部 晃 (日本触媒): 管理型海面処分場へ打設する杭への塗布剤としての膨潤性止水材の効果の検証: 土木学会第67回年次学術講演会講演概要集, pp. 93-94, (2012年9月, 名古屋市)
- [4] **竹内準一**: 今月の話題 学生たちが生き返る国際交流の場: 用水と廃水, 54 (12), p. 1 (2012年)
- [5] **竹内準一**, 大崎直生 (株式会社クリタス): 緩速ろ過池の砂層に生息するユスリカ幼虫の消化管フローラ: 呉工業高等専門学校研究報告, 74号, pp. 13-18, (2012年)
- [5] **Juni Takeuchi**, Rabindra Raj Giri (大阪産業大学): Wastewater management in tropical monsoon climates: sanitary and ecological implications: 呉工業高等専門学校研究報告, 74号, pp. 19-26, (2012年)
- [2] **及川栄作**: The manufacturing process and the feature of the ionized hydrogen water (IHW) using the bacteria: 第2回日本・中国マイナス水素イオン学術会議, (2012年8月, 仙台市)
- [6] 下田 直 (呉高専専攻科), **及川栄作**: 湧水から単離した微生物の増殖度と酸化還元電位の関係: 第64回土木学会中国支部研究発表会, (2012年5月, 呉市)
- [6] **及川栄作**, 下田 直 (呉高専専攻科), 及川胤昭 (創造的生物工学研): 微生物により作製した還元水から溶存水素の検出: 第64回日本生物工学会大会, (2012年10月, 神戸市)
- [6] **及川栄作**: 電離水素水の製造法開発と応用例: 科学技術振興機構(JST)新技術説明会, (2012年11月, 東京都)
- [8] **及川栄作**: イノベーションジャパン 2012 大学見本市出展発表, (2012年9月, 東京都)
- [1] **重松尚久**, 小田 登 (株式会社スターロイ), 松浦一正 (株式会社松浦建設): 打撃破壊方式による岩盤切断機 (インパクトカッター) の開発: 平成 24 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集, pp. 121-124, (2012年11月)
- [1] **重松尚久**, 河村倫太郎 (呉高専専攻科), 室 達朗 (愛媛大学), 小田 登 (株式会社スターロイ): バックホウのアタッチメントとしての硬質岩盤掘削機の開発ー花崗岩に対する荷重制御実験ー: 第13回岩の力学国内シンポジウム併催第6回日韓ジョイントシンポジウム講演論文集, pp. 665-670, (2013年1月)
- [2] R. Kawamura (呉高専専攻科), **T. Shigematsu**: The efficiency test of a rock excavator by use of a multistage edge excavation method: Proceedings of the 2012 Japan-Taiwan Symposium on intelligent

Green and Orange (iGO) Technology, pp.40-41, (2013年1月, Taiwan)

- [4] 河村倫太郎 (呉高専専攻科), **重松尚久**, 室 達朗 (愛媛大学), 小田 登 (株式会社スターロイ) : 端面掘削方式を用いた多段型掘削機の開発に関する研究 : テラメカニクス, 第 32 号, pp.55-59, (2012年5月)
- [4] 岡本有希加 (愛媛大学), **重松尚久**, **小堀慈久** : 強降雨による斜面崩壊調査と安全解析についての考察, テラメカニクス, 第 32 号, pp.73-78, (2012年5月)
- [4] **重松尚久**, 岡本有希加 (愛媛大学), **小堀慈久** : 強降雨による斜面崩壊調査と安全解析に基づく施工法についての考察 : 建設機械 11月号 573, pp.43-48, (2012年11月)
- [4] **重松尚久**, 河村倫太郎 (呉高専専攻科), 小田 登 (株式会社スターロイ) : ディスクカッタービット摩耗検知システムの開発のための基礎的研究 : 建設機械 1月号 575, pp.63-67, (2013年1月)
- [4] **重松尚久**, 松浦一正 (株式会社松浦建設), 小田 登 (株式会社スターロイ) : 打撃破壊方式による岩盤切断機の開発 (インパクトカッターの開発) : 建設の施工企画①No.755, pp.49-52, (2013年1月)
- [1] **吉川祐樹**, **井上浩孝**, **加納誠二**, **光井周平**, **笠井聖二** : 学科に依存しない情報リテラシー教育への取り組み : 論文集「高専教育」第 36 号, pp.121-125, (2013年)
- [6] **吉川祐樹**, **井上浩孝**, **加納誠二**, **光井周平**, **笠井聖二** : 情報リテラシー教育への取り組みについて : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp.57-58, (2012年8月, 国立オリンピック記念青少年総合センター)
- [2] M. Kita (広島大院), **T. Kurokawa** : Changes in Flow and Water Quality Using a Flow-Accelerating Device Installed in a Reservoir : Proceedings of 11th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE2012), B3-3, pp.85-86, (2012年8月, Hiroshima)
- [6] **黒川岳司**, 北 真人 (広島大院) : 貯水池におけるジェットポンプ式流動促進装置による流況と水質改善効果 : 第 47 回日本水環境学会年会講演集, 3-B-11-3, (2013年3月, 大阪市)
- [1] **山岡俊一**, 坂本 淳 (岐阜高専), 今田寛典 (広島文化学園大) : 土砂災害に対する斜面地居住者の意識レベルを考慮した防災学習パンフレットによる防災教育に関する研究 : 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.68, No.2, pp.I_187-I_192, (2012年)
- [1] 坂本 淳 (岐阜高専), **山岡俊一**, 藤田素弘 (名工大) : 地方鉄道への財政的支援問題に対する沿線住民の賛否態度の要因分析—岐阜県樽見鉄道を事例として— : 都市計画論文集, No.47, No.3, pp.325-330, (2012年)
- [1] 坂本 淳 (岐阜高専), **山岡俊一**, 藤田素弘 (名工大) : 高速道路利用後の自動車に着目した速度特性分析および安全性評価 : 第 32 回交通工学研究発表会論文集, pp.1-6, (2012年)
- [3] 藤田素弘 (名工大) (編著), 小池則満 (愛工大) (著), 坂本 淳 (岐阜高専) (著), 鈴木弘司 (名工大) (著), 野田宏治 (豊田高専) (著), 松本幸正 (名城大) (著), **山岡俊一** (著) : 社会基盤の計画学—確率統計・数理モデルと経済諸法—「第 5 章 多変量データの解析 (pp.55-82)」 : 理工図書, (2013年3月)
- [4] **山岡俊一**, **林 和彦**, **岩本英久**, **佐賀野健**, **仁保 裕**, **井上浩孝**, **上寺哲也**, 溝上裕二 (呉高専非常勤講師) : 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育—授業「キャリア開発セミナー」— : 工業教育,

9月号, pp. 20-23, (2012年)

- [6] 恩田直幸 (岐阜高専専攻科), 坂本 淳 (岐阜高専), **山岡俊一**, 藤田素弘 (名工大) : 地域住民を巻き込んだ鉄道まちづくりの可能性に関する一考察—樽見鉄道を事例として—:平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp. 253-254, (2013年3月, 豊田市)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 導入科目「技術者入門」について:平成24年度 中国・四国工学教育協会 高専教育部会 教員研究集会, (2012年11月, 岡山市)
- [6] 坂本 淳 (岐阜高専), **山岡俊一**, 藤田素弘 (名工大) : 地方鉄道への財政的支援に対する沿線住民の意識分析—樽見鉄道を事例として—:土木学会第67回年次学術講演会講演概要集, IV-31 (2 pages), (2012年9月, 名古屋市)
- [6] **山岡俊一, 林 和彦, 岩本英久, 佐賀野健, 上寺哲也, 井上浩孝, 仁保 裕, 溝上裕二** (呉高専非常勤講師) : 地域貢献活動の提案・実践による人間力教育「キャリア開発セミナー」について:平成24年度全国高専教育フォーラム, (2012年8月, 東京)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 導入教育「技術者入門」の実施報告:平成24年度全国高専教育フォーラム, (2012年8月, 東京)
- [6] **山岡俊一** : 長期供用後における地区交通安全対策実施路線の現状と課題:日本福祉のまちづくり学会第15回全国大会, CD-ROM (4 pages), (2012年8月, 北九州市)
- [6] **岩城裕之, 林 和彦, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子** : 呉高専における導入教育—カリキュラム編成の軌跡と実践報告—:日本高専学会, 第18回年会, (2012年8月, 近畿大学高専)
- [6] **山岡俊一**, 廣長恵里菜 (呉高専専攻科) : 長期供用後におけるコミュニティ道路の実態と課題に関する研究:土木計画学研究・講演集, No. 45, CD-ROM (4 pages), (2012年6月, 京都市)
- [6] 廣長恵里菜 (呉高専専攻科), **山岡俊一**, 面谷法子 (広島市) : コミュニティ道路の長期供用後における整備効果の評価:土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 第65回, CD-ROM (4 pages), (2012年6月, 呉市)
- [6] **山岡俊一**, 廣長恵里菜 (呉高専専攻科), 面谷法子 (広島市) : 長期供用後における地区交通安全対策実施路線の現状分析:平成24年度日本都市計画学会中国四国支部研究発表会講演集, pp. 1-4, (2012年4月, 広島市)
- [1] **堀口 至**, 目片雄士 (呉高専専攻科), **三村陽一** : コンクリート用細骨材への破砕した牡蠣殻の適用性:コンクリート工学年次論文集, Vol. 34, No. 1, pp. 1576-1581, (2012年)
- [1] **堀口 至**, 白井敦士 (呉高専専攻科), 渡邊 勝 (中国電力), 杉原 聡 (〃) : 石炭ガス化溶融スラグを用いたコンクリートに関する基礎的研究:セメント・コンクリート論文集, No. 66, pp. 615-621, (2012年)
- [6] **堀口 至**, 白井敦士 (呉高専専攻科), 渡邊 勝 (中国電力), 杉原 聡 (〃) : 石炭ガス化溶融スラグを用いたコンクリートに関する基礎的研究:第66回セメント技術大会講演要旨, pp. 222-223, (2012年5月, 東京都)

- [6] 白井敦士 (呉高専専攻科), **堀口 至**, 渡邊 勝 (中国電力), 杉原 聡 (〃): コンクリート用細骨材としての石炭ガス化溶融スラグの利用に関する基礎的研究: 土木学会中国支部第 64 回研究発表会発表概要集(CD-ROM), (2012 年 6 月, 呉市)
- [6] 目片雄士 (呉高専専攻科), **堀口 至**, **三村陽一**: 粒度の異なる牡蠣殻細骨材を用いたコンクリートの基礎特性: 土木学会中国支部第 64 回研究発表会発表概要集 (CD-ROM), (2012 年 6 月, 呉市)
- [6] **堀口 至**, 村上隆則 (呉高専本科), 折本雅信 (広電建設), 北川里志 (〃), 田川英樹 (〃): 牡蠣殻植生基盤材料の路面電車軌道における実地試験: 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集(DVD-ROM), V-523, (2012 年 9 月, 愛知県)
- [7] **堀口 至**, 岩田数典 (中国電力), 福本 直 (〃), 今岡安則 (〃), 南條英夫 (〃): コンクリート二次製品の製造方法及びそのコンクリート二次製品: 特許第 4937285 号 (2012 年 3 月 2 日)
- [1] I. Yoshitake (山口大), W. Zhang (寧夏大), **Y. Mimura** and T. Saito (エネルギー・エコ・マテリア): Uniaxial Tensile Strength and Tensile Young's Modulus of Fly-ash Concrete at Early Age: *Construction and Building Materials*, 40, pp. 514-521, (2013 年)
- [1] I. Yoshitake (山口大), A. Ogawa (〃), Y. J. Kim (Univ. of Colorado) and **Y. Mimura**: Development of a New Composite Slab System Using a Carbon-fiber-blended Cementitious Adhesive: *Journal of Structural Engineering*, 138 (11), pp. 1321-1330, (2012 年)
- [1] 沖本翔平 (呉高専専攻科), 張 文博 (寧夏大), **三村陽一**, 吉武 勇 (山口大): 若材齢におけるフライアッシュコンクリートの引張ヤング係数に関する実験的検討: コンクリート工学年次論文集, 34 (1), pp. 310-315, (2012 年)
- [6] **三村陽一**, **山岡俊一**, **林 和彦**, **岩城裕之**, **上寺哲也**, **井上浩孝**, **佐々木伸子**: 高専 1 学年時に行う導入科目の新設に向けた検討: 土木学会第 67 回年次学術講演会, (2012 年 9 月, 名古屋大学)
- [6] 下田 卓 (呉高専専攻科), **三村陽一**, 小川淳史 (宇部興産機械), 和多田康男 (〃), 吉武 勇 (山口大): 鋼・コンクリート合成構造に用いる接着剤の前養生期間に関する実験的検討: 土木学会中国支部第 64 回研究発表会概要集, (2012 年 6 月, 呉市)
- [1] 中村将一郎 (長岡技科大), 田村英輔 (三機工業㈱), **谷川大輔**, 長野晃弘 (三機工業㈱), 山口隆司 (長岡技科大): DHS リアクターを用いたトルエンガス連続処理特性: 環境工学研究論文集 G (環境), Vol. 68, No. 7, pp. 595-601, (2012 年)
- [1] **D. Tanikawa**, T. Yamashita (長岡技科大), M. Hatamoto (〃), M. Fukuda (〃), M. Takahashi (東北大), K. Syutsubo (国環研), P. K. Choeisai (コーンケン大), T. Yamaguchi (長岡技科大): Development of an appropriate treatment process for wastewater from natural rubber processing factory: Transactions on GIGAKU 1, 01010, pp. 1-8, (2012 年)
- [2] Yamaguchi, T. (長岡技科大), **Tanikawa, D.**, Yamashita, T. (長岡技科大), Hatamoto, M. (〃), Fukuda, M. (〃), Takahashi, M. (東北大), Choeisai, P. K. (コーンケン大), Syutsubo, K. (国環研): Latex wastewater treatment by the combination system of two-stage up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor and down-flow hanging sponge (DHS) reactor, International workshop on "Development of technological research platform for application of waster environment improvement (wastewater treatment) technology in Southeast Asia": pp. 27-31, (Dec 26 2012, Bangkok Thailand)

- [2] **Tanikawa, D.**, Hatamoto, M. (長岡技科大), Choeisai, P.K. (コーンケン大), Syutsubo, K. (国環研), Yamaguchi, T. (長岡技科大) : Energy and rubber resource recovery from deproteinized natural rubber (DPNR) wastewater : 1st ESCANBER workshop, p. 9, (Aug. 8 2012, Hanoi Vietnam)
- [6] **Tanikawa, D.**, Syutsubo, K. (国環研), Watari, T. (長岡技科大), Hatamoto, M. (〃), Iijima, S. (〃), Fukuda, M. (〃), Nguyen, N. B. (ベトナムゴム研究所), Yamaguchi, T. (長岡技科大) : Evaluation of the green house gases emission from anaerobic lagoon treating wastewater of natural rubber factory : 第 47 回日本水環境学会年会, p. 482, (2013 年 3 月 11-13 日, 大阪)
- [6] 中村将一郎 (長岡技科大), **谷川大輔**, 中村明靖 (長岡技科大), 幡本将史 (〃), 山口隆司 (〃), 田村英輔 (三機工業株), 加藤 薫 (〃), 長野晃弘 (〃) : DHS リアクターを用いたトルエンガス処理における担体比表面積の影響 : 第 47 回日本水環境学会年会, (2013 年 3 月 11-13 日, 大阪)
- [6] 中村将一郎 (長岡技科大), 田村英輔 (三機工業株), **谷川大輔**, 長野晃弘 (三機工業株), 山口隆司 (長岡技科大) : DHS リアクターを用いたトルエンガス連続処理特性 : 第 49 回環境工学研究フォーラム, (2012 年 11 月 28-30 日, 京都)
- [6] 中村将一郎 (長岡技科大), 田村英輔 (三機工業株), **谷川大輔**, 幡本将史 (長岡技科大), 高橋優信 (東北大), 長野晃弘 (三機工業株), 山口隆司 (長岡技科大) : トルエンガスを処理対象とした DHS リアクターの性能評価 : 第 25 回におい・かおり環境学会年会, pp. 63-66, (2012 年 8 月 23-24 日)
- [8] **谷川大輔**, 珠坪一晃 (国環研), 渡利高大 (長岡技科大), 飯島 想 (〃), Nguyen Ngoc Bich (ベトナムゴム研究所), 山口隆司 (長岡技科大) : 天然ゴム製造工場内の廃水処理システムの調査 (2012 年 10 月 25-31 日, 2013 年 1 月 20-23 日, ベトナムゴム研究所)

建築学分野

- [6] 山木典行 (呉高専専攻科), **泉 洋輔** : 地盤の液状化を考慮した応答スペクトル法による地震荷重評価 : 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 36 巻, CD-ROM, 建築構造 204, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)
- [1] **篠部 裕**, 宮地敬士 (創建ホーム) : 空き家の解体除去施策の現状と課題 西日本の地方自治体を事例として : 日本建築学会技術報告集, 第 18 巻第 39 号, pp. 709-714, (2012 年 10 月 9 日)
- [1] **篠部 裕** : 庭園の周辺景観の保全施策に関する一考察-5 日本庭園を事例として- : 都市計画論文集, VOL. 47 No. 3, pp. 625-630, (2012 年)
- [4] **篠部 裕** : 空き家の解体除去施策の現状と課題 : 日本住宅協会, 住宅 VOL. 62 1 月号, pp. 15-20, (2013 年)
- [6] **篠部 裕**, 占部智大 (呉高専専攻科) : 人口減少時代の空き家整備に関する研究 その 3 空き家の適正管理条例の現状と課題 : 日本建築学会中国支部研究報告集, pp. 767-770, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)

- [6] 占部智大 (呉高専専攻科), **篠部 裕**: 人口減少時代の空き家の整備に関する研究 その 4 空き家の解体除却事業の現状と課題: 日本建築学会中国支部研究報告集, pp. 771-774, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)
- [6] **篠部 裕**: 空き家の適正管理に関する条例の一考察: 日本建築学会学術講演会梗概集, pp. 1167-1168, (2012 年 9 月, 名古屋大学)
- [6] **佐々木伸子**, 寺本絵美 (呉高専専攻科), **下倉玲子**: 小中学生山村留学センターの現状と空間的特徴の事例調査: 2012 年度日本建築学会中国支部研究発表会, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)
- [6] 平岡正貴 (呉高専専攻科), **佐々木伸子**: 研究論文からみる学校教育における住宅の消費者問題: 2012 年度日本建築学会中国支部研究発表会, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)
- [6] 藤田直幸 (奈良高専), 上田悦子 (〃), 小林淳哉 (函館高専), 小松京嗣 (仙台大専), 大和田恭子 (群馬高専), 高松さおり (富山高専), 宮重徹也 (〃), **佐々木伸子**, 内田由理子 (香川高専), 今岡芳子 (〃), 氷室昭三 (有明高専), 藤本大輔 (〃): 全国高専女子学生の連携によるブランド発信事業中間報告: 全国高専教育フォーラム, (2012 年 8 月, 国立オリンピック記念青少年総合センター)
- [6] 藤田直幸 (奈良高専), 上田悦子 (〃), 小林淳哉 (函館高専), 小松京嗣 (仙台大専), 大和田恭子 (群馬高専), 宮重徹也 (富山高専), 武田字浦 (明石高専), **佐々木伸子**, 内田由理子 (香川高専), 今岡芳子 (〃), 氷室昭三 (有明高専), 藤本大輔 (〃): 全国高専女子学生が連携した高専女子ブランド発信事業報告: 日本高専学会第 17 回年会, (2012 年 8 月, 鈴鹿高専)
- [6] **岩城裕之, 林 和彦, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子**: 呉高専における導入教育ーカリキュラム編成の軌跡と実践報告ー: 日本高専学会, 第 18 回年会, (2012 年 8 月, 近畿大学高専)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子**: 導入教育「技術者入門」の実施報告: 平成 24 年度全国高専教育フォーラム, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] **三村陽一, 山岡俊一, 林 和彦, 岩城裕之, 上寺哲也, 井上浩孝, 佐々木伸子**: 高専 1 学年時に行う導入科目の新設に向けた検討: 土木学会第 67 回年次学術講演会, (2012 年 9 月, 名古屋大学)
- [6] **林 和彦, 岩城裕之, 山岡俊一, 上寺哲也, 井上浩孝, 三村陽一, 佐々木伸子**: 導入科目「技術者入門」について: 平成 24 年度 中国・四国工学教育協会 高専教育部会 教員研究集会, (2012 年 11 月, 岡山市)
- [6] **松野一成**, 角 徹三 (豊橋技術科学大学名誉教授), 小宮 巖 (福井ファイバーテック): ガラス繊維を用いた簡易耐震補強による RC 部材の付着割裂強: 日本建築学会学術講演梗概集 (東海) C-2 構造IV, pp. 807-808, (2012 年 8 月, 名古屋)
- [6] **松野一成, 佐々木伸子, 大和義昭, 仁保 裕, 光井周平, 牛坂淳二**: 16 歳への建築専門学習動機付けの取り組みー壁と床を作って建築を考える専門導入授業ー: 第 18 回高専シンポジウム in 仙台 講演要旨集, p. 306, (2013 年 1 月, 仙台)
- [6] 安部崇史 (呉高専専攻科), **松野一成**, 松本幸大 (豊橋技術科学大学), 中森啓太 (豊橋技術科学大学大学院), 北農幸生 (米子高専), 妹尾哲之 (米子高専本科生): 鋼/FRP ボルト接合部のボルト軸力変化に及ぼす各種影響: 日本建築学会中国支部研究報告集 DVD-ROM, (2013 年 3 月, 広島)

- [1] 宮田 希 (京都府大), 松原斎樹 (〃), **大和義昭**, 澤島智明 (佐賀大), 合掌 顕 (岐阜大), 藏澄美仁 (椋山女学園大), 飛田国人 (大阪府大): 夏の涼のとり方に影響する要因の考察 西日本 4 地域における実態調査より: 日本生気象学会雑誌, 49 (1), pp. 23-30, (2012 年)
- [2] **Yoshiaki Yamato**, Yoshihito Kurazumi (椋山女学園大), Kenta Fukagawa (九州産大), Kunihiro Tobita (大阪府大), Tomoko Mitsuoka (九州産大), Takumi Sakamoto (NTT ファシリティーズ), Naoki Matsubara (京都府大): Measurement of clothing insulation value based on the condition of actual lifestyle in a modern Japanese home: 16TH PACIFIC ASSOCIATION OF QUANTITY SURVEYORS CONGRESS 7TH-10TH JULY 2012, BANDAR SERI BEGAWAN, NEGARA BRUNEI DARUSSALAM, Paper Reference No. 40 S_SC_YY, CD 出版, (2012 年)
- [2] Kenta Fukagawa (九州産大), Yoshihito Kurazumi (椋山女学園大), Hiroki Kitayama (九州産大), **Yoshiaki Yamato**, Kunihiro Tobita (大阪府大), Tomoko Mitsuoka (九州産大): The effect of partial thermal sensation on entire body thermal sensation: 16TH PACIFIC ASSOCIATION OF QUANTITY SURVEYORS CONGRESS 7TH-10TH JULY 2012, BANDAR SERI BEGAWAN, NEGARA BRUNEI DARUSSALAM, Paper Reference No35 _SC_KF, CD 出版, (2012 年)
- [2] Kunihiro Tobita (大阪府大), Naoki Matsubara (京都府大), Yoshihito Kurazumi (椋山女学園大), **Yoshiaki Yamato**, Kenta Fukagawa (九州産大), Yoshie Shibata (京都府大), Tomoko Mitsuoka (九州産大): Thermal environment in relation to activities of daily living during summer: 16TH PACIFIC ASSOCIATION OF QUANTITY SURVEYORS CONGRESS 7TH-10TH JULY 2012, BANDAR SERI BEGAWAN, NEGARA BRUNEI DARUSSALAM, Paper Reference No36 _SC_KT, CD 出版, (2012 年)
- [2] Nozomi Takahashi (呉高専専攻科), **Yoshiaki Yamato**: Thermal Insulation of Clothing Based on the Actual Situation of the Japanese Home: The 2nd International Symposium on Technology for Sustainability, 21-24, (November 2012, Swisshotel Le Concorde, Bangkok, Thailand)
- [6] **大和義昭**, 岡田大相 (呉高専専攻科), 高橋 望 (〃), 藏澄美仁 (椋山女学園大), 松原斎樹 (京都府大): 熱流計を用いた着衣熱抵抗の測定方法の検討: 日本繊維製品消費科学会 2012 年年次大会・研究発表要旨, 71, (2012 年 6 月, 文化学園大学)
- [6] 高橋 望 (呉高専専攻科), **大和義昭**, 岡田大相 (呉高専専攻科), 藏澄美仁 (椋山女学園大), 松原斎樹 (京都府大): 住宅での実態に即した着衣熱抵抗の測定—その 1 広島県呉市における実態調査—: 日本繊維製品消費科学会 2012 年年次大会・研究発表要旨, 119, (2012 年 6 月, 文化学園大学)
- [6] 岡田大相 (呉高専専攻科), **大和義昭**, 高橋 望 (呉高専専攻科), 藏澄美仁 (椋山女学園大), 松原斎樹 (京都府大): 住宅での実態に即した着衣熱抵抗の測定—その 2 姿勢・ゆとり毎の着衣熱抵抗—: 日本繊維製品消費科学会 2012 年年次大会・研究発表要旨, 120, (2012 年 6 月, 文化学園大学)
- [6] 高橋 望 (呉高専専攻科), **大和義昭**, 岡田大相 (呉高専専攻科), 藏澄美仁 (椋山女学園大), 松原斎樹 (京都府大): 熱流計を用いたクロ値測定方法の検討 その 1 測定値およびゆとり間比較: 日本建築学会中国支部研究報告集, 36, pp. 430-434, (2013 年 3 月, 岡山理科大)
- [6] 岡田大相 (呉高専専攻科), **大和義昭**, 高橋 望 (呉高専専攻科), 藏澄美仁 (椋山女学園大), 松原斎樹 (京都府大): 熱流計を用いたクロ値測定方法の検討 その 2 従来の方法による測定値との比較: 日本建築学会中国支部研究報告集, 36, pp. 435-438, (2013 年 3 月, 岡山理科大)
- [6] 堀 慎輔 (兵庫県大), 土川忠浩 (〃), 田村康子 (〃), 藏澄美仁 (椋山女学園大), **大和義昭**, 松原斎樹 (京都府大), 堀越哲美 (名古屋工大): 屋外温熱環境設計のための車いす乗車人体の日射投影面積

の測定：日本建築学会近畿支部研究報告集，（2012年6月，大阪工業技術専門学校）

- [6] 田村康子（兵庫県大），土川忠浩（〃），堀 慎輔（〃），蔵澄美仁（椋山女学園大），**大和義昭**，松原齋樹（京都府大），堀越哲美（名古屋工大）：冬季の屋外移動時における頸髄損傷者の生理・心理反応に関する研究：日本建築学会近畿支部研究報告集，（2012年6月，大阪工業技術専門学校）
- [6] 堀 慎輔（兵庫県大），土川忠浩（〃），田村康子（〃），服部託夢（〃），蔵澄美仁（椋山女学園大），**大和義昭**，松原齋樹（京都府大），堀越哲美（名古屋工大）：車いす使用者の主体的行動を支援する体温予測提示システムの開発に関する研究：第51回日本生気象学会大会，（2012年11月，信州大学）
- [6] 田村康子（兵庫県大），土川忠浩（〃），堀 慎輔（〃），服部託夢（〃），蔵澄美仁（椋山女学園大），**大和義昭**，松原齋樹（京都府大），堀越哲美（名古屋工大）：冬季屋外移動時における頸髄損傷者の深部温予測に関する研究：第51回日本生気象学会大会，（2012年11月，信州大学）
- [6] 堀 慎輔（兵庫県大），土川忠浩（〃），田村康子（〃），服部託夢（〃），蔵澄美仁（椋山女学園大），**大和義昭**，松原齋樹（京都府大），堀越哲美（名古屋工大）：頸髄損傷者の夏季屋外外出における体温調節反応の予測に関する研究：第36回人間-生活環境系シンポジウム，（2012年12月，大同大学）
- [6] 田村康子（兵庫県大），土川忠浩（〃），堀 慎輔（〃），服部託夢（〃），蔵澄美仁（椋山女学園大），**大和義昭**，松原齋樹（京都府大），堀越哲美（名古屋工大）：夏季屋外外出時における頸髄損傷者の生理・心理反応に関する研究：第36回人間-生活環境系シンポジウム，（2012年12月，大同大学）
- [6] 堀 慎輔（兵庫県大），土川忠浩（〃），田村康子（〃），蔵澄美仁（椋山女学園大），**大和義昭**，松原齋樹（京都府大），堀越哲美（名古屋工大）：都市・建築空間における車いす使用者の主体的行動支援のための体温予測に関する研究：第35回 情報・システム・利用・技術 シンポジウムー日本建築学会，（2012年12月，建築会館ホール）
- [2] **Yutaka NIHO**, Shiro KATO（豊橋技科大） and Eka Satria（Andaras University）：A Study for Structural Design of Single Layer Latticed Shells Ubjected to Several Non-Uniform Loadings：IASS-APCS2012 Proceedings, CD-ROM,（2012年）
- [4] **山岡俊一**，**林 和彦**，**岩本英久**，**佐賀野健**，**仁保 裕**，**井上浩孝**，**上寺哲也**，溝上裕二（呉高専非常勤講師）：地域貢献活動の提案・実践による人間力教育ー授業「キャリア開発セミナー」ー：工業教育，9月号，pp.20-23，（2012年）
- [5] **仁保 裕**，岩本天馬（呉高専専攻科），平田悠孝（〃），**寺岡 勝**，福原安洋（呉高専名誉教授）：呉高専実習工場骨組の調査ならびに自己歪応力を有するターンバックル付ブレースの繰返し載荷実験：呉工業高等専門学校研究報告，第74号，pp.27-34，（2012年）
- [6] **山岡俊一**，**林 和彦**，**岩本英久**，**佐賀野健**，**上寺哲也**，**井上浩孝**，**仁保 裕**，溝上裕二（呉高専非常勤講師）：地域貢献活動の提案・実践による人間力教育「キャリア開発セミナー」について：平成24年度全国高専教育フォーラム，（2012年8月，東京）
- [6] **仁保 裕**，加藤史郎（豊橋技科大）：曲げ応力度最小化を目的として形態探索されたラチスシェルの部材断面算定：日本建築学会大会学術講演，pp.837-838，（2012年）
- [6] 岩本天馬（呉高専専攻科），**仁保 裕**，平田悠孝（呉高専専攻科），**寺岡 勝**：自己歪を有する鋼構造骨組のブレース接合部に関する研究：日本建築学会中国支部研究報告，pp.227-230，（2013年）

- [1] **下倉玲子**, 宮本文人 (東工大): 小学校の教室の位置によるオープンスペース利用の差異: 日本建築学会日本建築学会計画系論文集, 678号, pp.1823-1830, (2012年)
- [5] 福田由美子 (広島工業大), 小林文香 (広島女学院大), 山本幸子 (山口大), 石垣 文 (広島大), **下倉玲子**, 平 祐輔 (広島工業大大学院): 小学校存続を契機とした定住支援の取り組みに関する研究 その1 研究の枠組みと自治体の定住支援事業: 日本建築学会大会術講演梗概集 E-1, pp.1445-1446, (2012年)
- [5] 平 祐輔 (広島工業大大学院), 福田由美子 (広島工業大), 小林文香 (広島女学院大), 山本幸子 (山口大), 石垣 文 (広島大), **下倉玲子**: 小学校存続を契機とした定住支援の取り組みに関する研究 その2 先進自治体の取り組み事例: 日本建築学会大会術講演梗概集 E-1, pp.1447-1448, (2012年)
- [5] 小林文香 (広島女学院大), 山本幸子 (山口大), 石垣 文 (広島大), **下倉玲子**, 福田由美子 (広島工業大), 平 祐輔 (広島工業大大学院): 小学校存続を契機とした定住支援の取り組みに関する研究 その3 住民団体の取り組み事例: 日本建築学会大会術講演梗概集 E-1, pp.1449-1450, (2012年)
- [6] **下倉玲子**: 学校建築イギリスと日本: 学習環境デザインに関するシンポジウム, (2012年11月, シェフィールド大学)
- [3] **岩城考信** (分担執筆): もっとアジアを学ぼうー研究留学という生き方ー (水口拓寿・胎中千鶴編): 風響社, 「新たな研究手法との出会い」 pp.5-11, (2012年)
- [3] **岩城考信** (分担執筆): もっとアジアを学ぼうー研究留学という生き方ー (水口拓寿・胎中千鶴編): 風響社, 「住宅に刻まれる一九世紀後半から二一世紀後半に至る家族の歴史」 pp.22-27, (2012年)
- [4] **岩城考信**: バンコク及びその周辺における高床式住宅の特徴とその変容: 民俗建築, 第141号, pp.96-97, (2012年5月)
- [4] **岩城考信**: タイの高床式住宅と洪水: 建築雑誌, 第127集 (第1634号), p.29, (2012年7月)
- [4] **岩城考信**: クームアンドゥーム運河の変遷から見る都市の形成ーバンコクの都市と建築の歴史 その4ー: タイ国情報, 第46巻第4号, pp.111-122, (2012年7月)
- [5] **岩城考信**: 消費される城壁と生産されるショップハウスー城壁解体から見た近代バンコクの都市開発とキャピタルゲイナー: シンポジウム「都市と表象」シリーズ 消費と生産 (日本建築学会編), pp.15-20, (2012年12月)
- [6] **岩城考信**: 土盛りと高床式住宅ーバンコクの伝統的な洪水対策とその限界ー: 2011年タイ洪水が映すタイ社会ー災害対応から考える社会のかたちー, (2012年5月12日, 京都大学稲盛財団記念館)
- [6] **岩城考信**: 水の都バンコクと洪水ー減災から防災へー: 日本女子大学家政学部住居学科「都市計画」特別講義, (2012年5月23日, 日本女子大学家政学部住居学科)
- [6] **岩城考信**: 20世紀初頭バンコクの都市空間ー1907年地籍図 GIS データベースによる再考ー: バンコク都市史研究会, (2012年6月21日, 京都大学地域研究統合情報センター)
- [6] **岩城考信**: 土盛り都市・バンコクー洪水と共存する減災のシステムの形成と近代の変容ー: 日本タイ学会第14回研究大会共通論題ー2011年洪水を通してみるタイの自然, 社会, テクノロジーー, (2012年7月8日, 大阪大学吹田キャンパスコンベンションセンター)

- [6] **岩城考信**：バンコクの城壁を壊す人々－19世紀末の公的な破壊と20世紀初頭の私的な破壊－：東南アジア学会九州例会・福岡アジア文化賞アジア文化サロン，（2012年9月15日，福岡市立博物館）
- [6] **岩城考信**：消費される城壁と生産されるショップハウス－城壁解体から見た近代バンコクの都市開発とキャピタルゲイナー－：シンポジウム「都市と表象」シリーズ 消費と生産，（2012年12月20日，建築会館）
- [1] **吉川祐樹，井上浩孝，加納誠二，光井周平，笠井聖二**：学科に依存しない情報リテラシー教育への取り組み：論文集「高専教育」，第36号，pp.121-125，（2013年）
- [1] **谷岡憲三，光井周平，板東能生**，南 雅樹（米子高専），森田正利（松江高専），松本浩介（ $\text{\textcircled{R}}$ ），原田寛治（津山高専），濱田朋起（広島商船高専），上 俊二（徳山高専），菅原 剛（宇部高専），伊藤正一（大島商船高専）：中国地区高専陸上競技部合同合宿の取り組みとその効果：論文集「高専教育」，第36号，pp.621-626，（2013年）
- [1] 田辺 茂（津山高専），香川 律（米子高専），パトリシア・マロー（松江高専），桑田明広（広島商船高専），**光井周平**，原 隆（徳山高専），吉田政司（宇部高専），杉本昌弘（大島商船高専）：中国地区高専の国際交流活性化と国際的技術者の育成プロジェクト活動とその成果：論文集「高専教育」，第36号，pp.691-696，（2013年）
- [6] **吉川祐樹，井上浩孝，加納誠二，光井周平，笠井聖二**：情報リテラシー教育への取り組みについて：平成24年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集，pp.57-58，（2012年8月，国立オリンピック記念青少年総合センター）
- [6] **光井周平**，堀 文（広島大），河内 武（清水建設技研），近藤一夫（広島大）：節点選択機能を有するアイソパラメトリック有限要素（その1）要素モデルの概要：日本建築学会大会学術講演梗概集，B-1，pp.227-228，（2012年9月，名古屋大学東山キャンパス）
- [6] 堀 文（広島大），**光井周平**，河内 武（清水建設技研），近藤一夫（広島大）：節点選択機能を有するアイソパラメトリック有限要素（その2）数値実験：日本建築学会大会学術講演梗概集，B-1，pp.229-230（2012年9月，名古屋大学東山キャンパス）
- [6] 堀 文（広島大），**光井周平**，河内 武（清水建設技研），近藤一夫（広島大）：木材めり込み挙動のアイソパラメトリック有限要素解析（その10）2次元問題における材料構成則について：日本建築学会大会中国支部研究報告集，第36巻，pp.85-88，（2013年3月，岡山理科大学）
- [6] 堀 文（広島大），**光井周平**，河内 武（清水建設技研），近藤一夫（広島大）：木材めり込み挙動のアイソパラメトリック有限要素解析（その11）等変位めり込み試験体の弾塑性挙動解析：日本建築学会大会中国支部研究報告集，第36巻，pp.89-92，（2013年3月，岡山理科大学）
- [6] **光井周平**，川口佑紀（呉高専専攻科），**牛坂淳二**，堀 文（広島大），河内 武（清水建設技研），近藤一夫（広島大）：木質材の素材特性とめり込み挙動に関するいくつかの実験（その1）縦圧縮試験における変位測定長とヤング係数との関係：日本建築学会大会中国支部研究報告集，第36巻，pp.139-142，（2013年3月，岡山理科大学）
- [6] 川口佑紀（呉高専専攻科），**光井周平**，**牛坂淳二**，堀 文（広島大），河内 武（清水建設技研），近藤一夫（広島大）：木質材の素材特性とめり込み挙動に関するいくつかの実験（その2）横圧縮試験における加圧方向と応力－ひずみ曲線：日本建築学会大会中国支部研究報告集，第36巻，pp.143-146，（2013

年 3 月, 岡山理科大学)

技術センター

- [6] **山田祐士, 笠井聖二, 佐々木智大, 三見智子** : 呉高専における連絡網システムの導入事例について : 平成 24 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 265-266, (2012 年 8 月, 東京)
- [6] **松野一成, 佐々木伸子, 大和義昭, 仁保 裕, 光井周平, 牛坂淳二** : 16 歳への建築専門学習動機付けの取り組み—壁と床を作って建築を考える専門導入授業— : 第 18 回高専シンポジウム in 仙台 講演要旨集, p. 306, (2013 年 1 月, 仙台)
- [6] **光井周平**, 川口佑紀 (呉高専専攻科), **牛坂淳二**, 堀 文 (広島大), 河内 武 (清水建設技研), 近藤一夫 (広島大) : 木質材の素材特性とめり込み挙動に関するいくつかの実験 (その 1) 縦圧縮試験における変位測定長とヤング係数との関係 : 日本建築学会大会中国支部研究報告集, 第 36 巻, pp. 139-142, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)
- [6] 川口佑紀 (呉高専専攻科), **光井周平**, **牛坂淳二**, 堀 文 (広島大), 河内 武 (清水建設技研), 近藤一夫 (広島大) : 木質材の素材特性とめり込み挙動に関するいくつかの実験 (その 2) 横圧縮試験における加圧方向と応力-ひずみ曲線 : 日本建築学会大会中国支部研究報告集, 第 36 巻, pp. 143-146, (2013 年 3 月, 岡山理科大学)

編 集 委 員 会

黒 木 太 司 (委員長)

川 勝 望

西 坂 強

山 脇 正 雄

堀 口 至

松 野 一 成

笠 井 聖 二

呉 工 業 高 等 専 門 学 校

研 究 報 告

第 75 号 (2013)

平成 25 年 8 月 印刷

平成 25 年 8 月 発行

編集者
発行者

呉 工 業 高 等 専 門 学 校

〒737-8506 呉市阿賀南2丁目2-11

電話 (0823) 73-8406