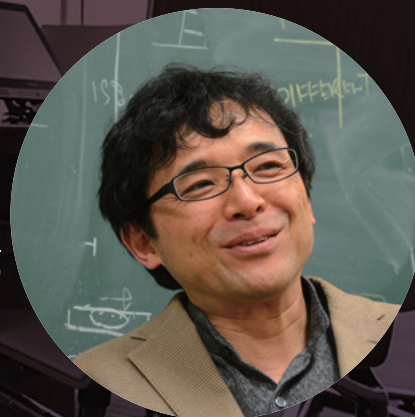


No.12 Feb. 2018

FEATURE STORY

The Bright Side of Urban Shrinkage: Steps toward Restructuring Cities

One urgent challenge resulting from the rapid population decline in Japan today is the problem of urban shrinkage.



Research Highlights: “Architecture and Civil Engineering to Protect and Enrich Living”



Preface to the Special Issue

Architecture and Civil Engineering to
Protect and Enrich Living

..... 5



Seeking Large Spatial Structures Resilient to Earthquakes

Study on the seismic design of shell and
spatial structures

..... 6



Utilizing Digital Fabrication Tools to Enjoy Designing Chairs with Parents and Children

Open the possibilities of woodworking to
local communities with digital fabrication
tools by means of a computer-aided
design system that anyone can easily
operate..... 7



Study on Earthquake Resistance and Wave Resistance of Harbors and Coastal Structures

Approaching small soil particles at the bottom
of the ocean, which holds the fate of huge civil
engineering structures..... 8



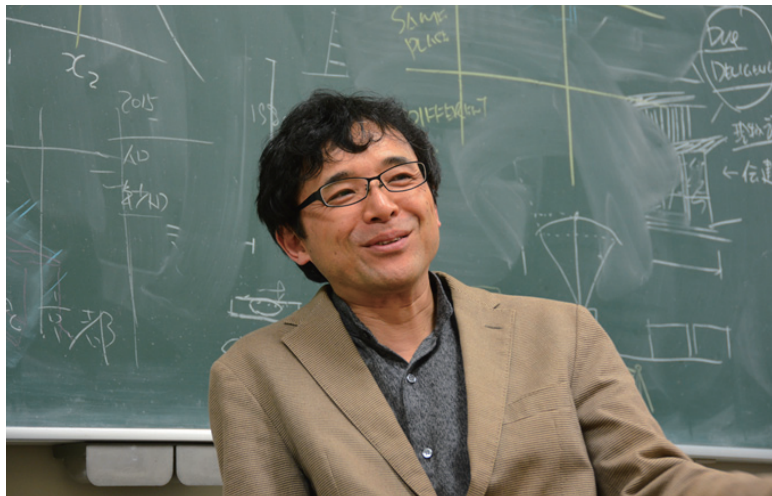
Understanding the Sea Close to Us

Grasping the sand movements of coasts,
estuaries, and bay areas

..... 9

The Bright Side of Urban Shrinkage: Steps toward Restructuring Cities

Junichiro Asano



One urgent challenge resulting from the rapid population decline in Japan today is the problem of urban shrinkage. Professor Junichiro Asano is engaging in this major theme from the viewpoint of a “land utilization plan”: an approach to prevent city dilution; a way to utilize the sprawling empty space and abandoned houses; and a method to maintain or reconstruct the city to be an attractive and comfortable place to live in. As a specialist, he is keen to present the problems after fully understanding the current conditions and tasks, and to encourage people to discuss the newly proposed suggestions.

Interview and report by Madoka Tainaka

Making the current problems clear, taking the role of the City Planning Law into account

In August 2017, The Architectural Institute of Japan published a book entitled “Land utilization plan during the urban shrinkage period: Challenges and approaches to create a diverse urban space.” The leader who coordinated this book project, Professor Junichiro Asano, served as the chief examiner for the “Land Utilization Problems Committee” of this institute for over four

years until last year. His research achievements included writing part of the book, and engaging in selecting writers, including international researchers.

Professor Asano explains “the purpose of this book was to lay out the challenges of land utilization plans in full, clarifying the current challenges and identifying problems. In more concrete terms, the book is split into two parts: Symptoms and Solutions; and individual problems occurring in both metropolitan areas and provincial cities are explained in detail.”

The main theme of the book is the land utilization plan system which Professor Asano specializes in: the so-called “dividing system” and “development permission system.” The dividing system is a system classifying urbanization promotion and control areas based on the City Planning Law. The development permission system secures the purposes of this classification. Both systems work for the purpose of healthy urban development, by restricting areas to be developed and promoting planned urbanization.

Professor Asano explains, “These

systems were established pursuant to the new City Planning Law, which became effective in 1968, and Japan can rightly be proud of them. Originally, they were made for the purpose of systematically designing urban district development, in preparation for future population increases. However, these systems later also functioned as a major deterrent of suburban sprawl. They are valuable systems and should continue to be maintained in the future for the purpose of environmental protection in rural areas and the promotion of sensible planning for making cities compact. However, various operational issues were discovered following a decrease in population. Pointing out these challenges and suggesting their solutions is one of the objectives of my research.”

Need for a land utilization plan that can adapt to changes over time

So far the City Planning Law has undergone several major amendments in response to the slowing of population growth and the new reality of an aging society. In 2000, a major amendment was made to include deregulation measures, and in 2006, the amended City Planning Law was established, including strict regulation of large scale shopping and leisure centers regarding opening their stores in the suburbs, and

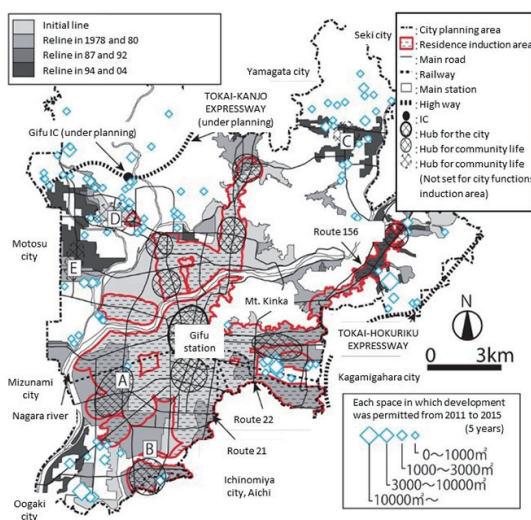


Fig.1 Area division operation and future shrinking plan in Gifu city

expanding the development permission system to include public facilities. These amendments gradually paved the way for introducing city functions and residential areas in accordance with social changes.

However, Professor Asano indicates that today the existing model is facing difficulties of maintaining a healthy city appearance.

“The premise of the conventional basic land utilization plan is beginning to show cracks due to urban shrinkage. If the population density in an area designated for urbanization falls below 40 people per hectare, maintaining the city planning area becomes difficult. Now, some areas designated for urbanization are forced to shrink because of reclassification. Decline in population density in cities will be an inevitable problem in the future, and discussion on the appropriate density is required.”

Due to population decrease, area shrinkage seems necessary for maintaining city functions. However, on the other side of the compact city debate is the fear that the suburbs may be abandoned.

Then, in 2014, the Location Adequacy Plan pursuant to the amended Urban Renaissance Special Measure Law was formulated. “This is an idea of gradually shrinking not only the central business district but also connected areas, by creating multiple cores in suburbs and connecting them to public transportation and other networks. Constructing welfare facilities in the cores allows for the creation of senior friendly towns, and the shrinkage plan will be reviewed every five years in order to align with current circumstances.”

In recent years, various regional revitalization programs were started by means of the “Town, People, and Work Creation Law” to address the overconcentration of the population in the Tokyo area and to improve the appeal of all regions across the country. In 2015, the Special Measures Concerning Unoccupied Housing Act came into effect. These programs show a national intention of giving a soft landing to the urban shrinking problem through establishing new regulations while effectively utilizing the current law systems.

“This national position itself is characteristically Japanese, though that is not necessarily a negative thing. However, the approach of restructuring cities by means of a land



Fig.2 Shrinking situation in Nagasaki city

utilization plan needs to be discussed in more depth. Moreover, in the future, raising points of discussion regarding the method of designing law systems seems to be part of our roles as specialists.”

What it means to learn from international case studies

Another current interest of Professor Asano is in comparing the situation of Japanese cities to other cities abroad.

Professor Asano said, “In Europe and the US, the problem of urban shrinkage has been discussed in the early stages and researchers are actively engaging in international comparative studies. There are many researchers motivated to learn from case studies in other countries from the viewpoint of preventative resilience, such as recovery and defense strategies, rather than dealing with the problem after it has occurred, as Japan has done.”

However, especially in Europe, the way in which public services are viewed is greatly different from in Japan. City functions, including public transportation, are considered as a public right, so they are neither planned nor operated on a profit basis. Urban areas and other areas are clearly divided and the discussion about unoccupied housing issues is made from the viewpoint of how to fill the “holes” in a city.

“The scattered dilution phenomenon seen in Japan is caused by vague boundary lines between urban areas and other areas, and it is difficult for people in Europe to relate to.” “Even so, discussion with international researchers is very productive. In Japan, the discussion of urban shrinkage seems to be unbalanced, focusing only on limited themes such as problems regarding increasing sparsity and unoccupied housing in cities. However, international researchers speak freely of reconsidering the Linear Shinkansen, or moving towards

an active immigration policy, though such topics would be deemed as taboo in Japan. Actually, it is true that the opening of the Shinkansen increased the overconcentration in Tokyo, and acceptance of immigrants may lead to preventing a decline in the labor population.”

“Individual cultures and regulations are different, though they all face the same problem of urban shrinkage. Listening to opinions from international researchers is very productive.”

Also, Professor Asano says that multiple causes exist for urban shrinkage and that there are different solutions for each cause. As was seen in the dramatic change in towns caused by the Great East Japan Earthquake and the following accident in the nuclear power plant, natural disasters and accidents can cause urban shrinkage. Whereas, as seen in Russia, Ukraine, Romania, and Syria, rapid changes in society and the ravages of war also can cause major changes in town appearance. He says that it is also important to learn from several different types of cases such as these.

“The population decrease is a negative factor; however, we must consider it as an opportunity to improve cities effectively. There is no silver bullet that will fix everything immediately, but even so I am highly motivated to raise points of discussion and provide some advice as a specialist to contribute to further discussion.”

Professor Asano said that seeing changes in towns based on policies incorporating his suggestions is the real pleasure of city research. He also said that he is keen to contribute to city creation while more actively collaborating with international researchers in the future.

[Reporter's Note]

Professor Asano said that though he has had many opportunities to visit countries in his research, he feels “he likes Japan better” each time he comes back. “In Finland, since the 19th century, cities were designed with modern architecture and the quality of design is very high. The level of education is also high and it has a substantial social security system. There is a relaxed air there. We have many things to learn from Finland, which built such attractive cities with a population of 10 million people.” Moreover, he said that allotment gardens such as “Koloni-have” in Denmark and “Kleingarten” in Germany also give clues on handling urban shrinkage. There are many things to be learned from European countries; not only about city appearance, but also about workstyles and leisure time.

都市縮小をチャンスと捉え、まちを再構築するために

急激な人口減少に伴い、現在の日本で、喫緊の課題とされるのが、都市の縮小問題である。都市の希薄化をいかに防ぎ、無秩序に広がる空き地や空き家をどう活かして、住みやすい、魅力ある都市を保ち、あるいは再生するのか。浅野純一郎教授は、この大テーマに「土地利用計画」の観点から取り組んでいる。専門家として現状や課題を把握、問題を提起し、新たな提案を投げかけることで、人々の議論を促したいという。

■ 都市計画法の役割を踏まえ、現状の問題点を明らかに
2017年8月、日本建築学会が「『都市縮小時代の土地利用計画—多様な都市空間創出へ向けた課題と対応策』と題する本を出版した。この本を取りまとめたのは、同学会の「土地利用問題委員会」で昨年まで4年にわたり主査を務めた浅野純一郎教授だ。自ら研究の成果として一部の原稿を執筆するとともに、海外の研究者を含めた著者の選定に携わった。

「本書の目的は、土地利用計画の課題を全面に打ち出し、現状の課題を明らかにして、問題提起をすることにあります。具体的には現象編と解決編の二本立てとし、大都市圏と地方都市、それぞれで起きている問題を切り分けて、ていねいに解説しました」と浅野教授は説明する。

とくに、中心的な話題として取り上げたのが、浅野教授の専門である土地利用計画制度、いわゆる「線引き制度」と「開発許可制度」だ。線引き制度とは、都市計画法に基づき、市街化区域と市街化調整区域を区分する制度のこと。開発許可制度は、その線引きの目的を担保するための制度である。いずれも都市の健全な成長をめざして、整備すべき区域を絞って計画的に市街化を進める役割を担ってきた。

「これらの制度は、1968年に施行された新都市計画法で制定されたもので、日本が誇るべき制度の一つと言えます。本来は将来の人口増加に備えて計画的に市街地整備を図る目的でつくられたものですが、その後も、郊外へのスプロール化（無計画な拡大）の抑止力として大きな役割を果たしてきました。今後も田園地域の環境保全やスマートに都市のコンパクト化を進めるうえで、維持されるべき貴重な制度だと思います。ただし、人口減少が進むなか、運用面でいろいろと問題も出てきている。その課題を指摘し、対応策を示すのが、私の研究の目的の一つなのです」と浅野教授は語る。

■ 時代の変化に合わせた土地利用計画の必要性
これまでも、人口増加の鈍化と成熟社会の到来を背景に、都市計画法は度々大きな改正が行われている。2000年に規制緩和措置を盛り込んだ大幅改正がなされたほか、2006年には、大規模集客施設の郊外出店への大幅規制や開発許可制度を公共施設にも拡大した改正都市計画法を制定するなど、社会の変化に合わせて、都市機能や居住地の誘導を緩やかに先導する役割を担ってきた。

しかし、ここへ来て、これまでの枠組みでは、もはや健全な都市の姿を維持できなくなりつつあると浅野教授は指摘する。

「都市が縮小してきなかで、従来の基本的な土地利用計

画の前提が揺らぎはじめています。市街化区域の人口密度が40人/haを下回るようであれば都市計画区域の維持も危うくなる。いまや、逆線引きをすることで、市街化区域を縮小せざるを得ない地域も出てきています。今後、都市の低密度化は避けられない問題であり、どれくらいの密度なら適正なのか、よく議論しなければなりません」

人口が減る以上、都市機能を保つためにはエリアの縮小は必須に思えるが、一方で、コンパクトシティの議論では、郊外が切り捨てられるのではないかという、ネガティブな意見もある。そこで2014年に創設されたのが改正都市再生特別措置法による立地適正化計画である。

「これは、郊外に複数のコアをつくり、それらを公共交通などのネットワークで結ぶことで、中心市街地だけでなく、数珠つなぎのエリアを徐々に縮めていこうという考え方です。コアに福祉施設を据えることで、高齢者に対応した都市づくりをしていくほか、計画を5年ごとに見直し、現実に応じた縮小計画を進めていこうとしています」

近年では、東京圏への一極集中を是正して、それぞれの地域の魅力を向上させようと、「まち・ひと・しごと創生法」による地方創生施策もさまざまなに打ち出されている。2015年には、空家対策特別措置法も施行された。これらの施策に垣間見えるのは、今ある法制度をうまく活用しながら新たな規制を設けることで、都市縮小問題をソフトランディングさせようとする国の姿勢だ。

「それ自体は、日本らしいというか、必ずしも悪いことだとは思いません。ただし、土地利用計画によって都市をどう再構築するかもっと議論を深めていく必要はある。さらに、今後、法制度をどう設計していくのかについても粗上に載せる緒を提示することが、我々専門家の役割だと思っています」

■ 海外の事例から学ぶことの意義

もう一つ、浅野教授の現在の興味は、海外都市との比較にある。「欧米では、早くから都市縮小の問題が議論されていて、各国の比較研究も活発に行われています。日本のように問題が起こってから対処するというよりも、予防的なレジリエンス（回復力、防御力）の観点から、他国の事例に学ぼうとする研究者も多数います」と浅野教授は言う。

もともと、とくにヨーロッパでは、公共に対する考え方は日本とは大きく異なるという。公共交通を含めた都市機能を公共財としてみなし、経済的な損得勘定を抜きにして計画・運用する。市街地とそれ以外の区別も明確で、空き家問題は都市の「孔」をいかに埋めるか、という観点か

らの議論になる。

「日本のように市街地とそれ以外の境界が曖昧で、まばらに希薄化していくという現象は、ヨーロッパの人々には理解されにくいのです。それでも、海外の研究者との議論は大変刺激になります。日本では、都市縮小の議論は都市の希薄化や空き家問題など、一部のテーマに偏りがちですが、海外の研究者は、リニア新幹線を再検討すべきだとか、移民政策を積極的に進めるべきだといった、日本ではタブーとされるような話題についても自由な発想で発言します。実際に、新幹線の開通が東京一極集中を加速させてきたのは事実ですし、移民の受け入れが労働人口減少を食い止めることにつながるかもしれません。互いに文化も規制も違いますが、都市縮小という同一の問題を抱えているわけですから、海外の研究者の声に耳を傾けることは非常に有用だと思います」

また、浅野教授は、都市の縮小には複数の要因が存在し、それぞれ対処法が異なると思う。東日本大震災やその後の原発事故がまちの形を大きく変えたように、災害や事故が都市の縮小を促す場合もあれば、ロシアやウクライナ、ルーマニア、シリアなどのように、社会情勢の急変や戦禍が、街の形を大きく変容させる場合もある。そうした類型別事例から学ぶことも重要だという。

「人口減少はネガティブな要因ではありますが、都市をうまくつくり変えていく好機と捉えるほかありません。すぐ効く特効薬はありませんが、専門家として問題提起や提言を行い、議論を深めることに役立てばと思っています」

提言が政策に反映され、まちがよりよく変わっていくのが都市研究の醍醐味と語る浅野教授。今後はさらに海外研究者ともコラボレーションしながら、都市づくりのために貢献していきたいと語った。

（取材・文＝田井中麻都佳）

取材後記

海外の都市を視察する機会も多いが、帰国のたびに、「やはり日本がいい」と感じてきたという浅野教授。ところが最近、フィンランドを訪れて、考えを改めたという。「フィンランドは、19世紀からの近代建築で都市が構成されていて、デザインの質がとても高いのです。教育水準も高く、社会保障も充実している。ゆとりもある。人口1,000万人規模の国で、こうした魅力ある都市を形成できるわけですから、そこからさまざまなことを学べるのではないかと思います」。また、デンマークの「コロニー」やドイツの「クラインガルテン」などの市民農園も、都市縮小の際のヒントになると言う。都市の姿だけでなく、働き方や余暇についても欧州諸国から学ぶべきところは多いにありそうだ。

Researcher Profile

Dr. Junichiro Asano

Dr. Junichiro Asano received his B.A. and M.S. degrees in architecture and civil engineering in 1991, 1993, respectively from Toyohashi University of Technology, Aichi, and he received a Ph.D. degree in urban engineering in 2001 from The University of Tokyo, Tokyo, Japan. From 1993 to 1994, he belonged to Sekisui House Ltd. and from 1994 to 2008, to Nagano National College of Technology, Nagano, Japan, as a permanent academic staff. Since 2008, he joined the Department of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Technology, where he is now serving as a Full Professor.



Reporter Profile

Madoka Tainaka is a freelance editor, writer and interpreter. She graduated in Law from Chuo University, Japan. She served as a chief editor of "Nature Interface" magazine, a committee for the promotion of Information and Science Technology at MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology).



Preface to the Special Issue

Architecture and Civil Engineering to Protect and Enrich Living

By Yuzuru Miyata



The Great East Japan Earthquake that occurred on the 11th of March 2011 gave us a great shock and was a source of deep sorrow. The scars still remain vivid in the afflicted area. Quick reconstruction and restoration for this unprecedented earthquake as well as developing disaster-resistant buildings and regions are important issues for the future development of Japan.

Meanwhile, in the future, our society is expected to experience resource constraints and depletion due to the environmental changes caused by global warming, such as reduction in energy consumption and lack of water and food. Furthermore, Japanese society has to reconstruct its social systems, buildings, and the maintenance of social infrastructure, while addressing the declining birthrate and aging population.

In order to respond to such social demands we must face many chal-

lenges, such as developing flexible and strong disaster resistant buildings and regions that enable people to live safely and securely, converting our emphasis on material wealth to focus instead on quality of life, and finally properly managing the construction/social infrastructure and national environment that surrounds us. New technologies are required to realize these goals. In addition, we have to create outstanding engineers who are capable of acquiring the skills we need to forge such a future.

The mission of the Department of Architecture and Civil Engineering at Toyohashi University of Technology is to study the technology we will need for designing urban and rural architectural and social infrastructures, and national landscapes as well as managing them as a system to provide a safe, secure, and high-quality living environment for the future. We therefore offer an educational program designed to nurture engineers

who possess these valuable skills. In other words, we combine architecture and civil engineering, both traditional academic disciplines, and we are challenging new academic fields that proactively incorporate elements of social science and humanities.

In terms of research, we focus on the basic research essential for the sustainable development of cities and regions, as well as creative research to create new value for the future. The overall goal of our curriculum is to nurture practical and creative engineers and researchers capable of succeeding on the international stage, having expertise in their fields of architecture and social infrastructure, as well as useful design and management capabilities.

For this special issue, we asked four young researchers representing the Department of Architecture and Civil Engineering at Toyohashi University of Technology to introduce their latest research. We would like you to learn about the activities of our department through this issue. We believe that this special issue will serve the readers' interests.



Seeking Large Spatial Structures Resilient to Earthquakes

Study on the seismic design of shell and spatial structures

By Shoji Nakazawa

Nakazawa, a professor at the Structural Mechanics Laboratory, and his team are proposing new analysis and design methods that take the buckling phenomenon into full consideration, and are conducting research on analytical methods and analysis software for seismic design in order to realize a safer and freer structure with respect to the "shell and spatial structures," which are widely used as column-less large spaces such as school gymnasiums, sports arenas, and industrial structures such as tanks. We are also conducting research on an earthquake-resistance evaluation method based on earthquake risk analyses considering economic losses due to damage of nonstructural material, in addition to damage to major constructional material and the losses from the cessation of the building functionality. In addition, we are also working on parallel computing to implement them efficiently.



A "Shell and Spatial Structure" has a curved surface structure like a shell (dome, cylinder, etc.), and can cover a huge column-free space with thin and narrow parts (Fig. 1). Therefore, shell and spatial structures are widely used in industrial structures such as tanks, school gymnasiums, sports arenas, and others. This type of structure has a relatively high public interest and requires a high earthquake resistance. In particular, it is expected that school gymnasiums are to be used as evacuation facilities after earthquakes, and earthquake resistance performance evaluation for nonstructural materials, including ceiling materials, is gaining attention.

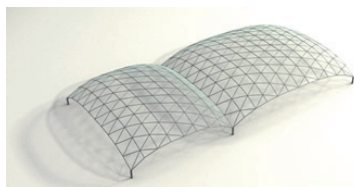


Fig.1 Shell and spatial structure

Our laboratory is conducting research on buckling design and earthquake-resistant designs for shell and spatial structures. Shell and spatial structures often use thin and narrow parts. Also, if compression is applied to the entire structure like a dome, a buckling phenomenon will occur, which means that an elongated part rapidly bends out in a lateral direction when compression is applied from both ends. Furthermore, when designing shell and spatial structures, it is necessary to take account of both the total buckling (shell buckling), in which the entire structure buckles, and individual buckling (Euler buckling of the columns), in which the parts buckle. We propose new analytical and design methods that take full account of these buckling phenomena.

For earthquake-resistant designs of shell and spatial structures, we are developing analysis software

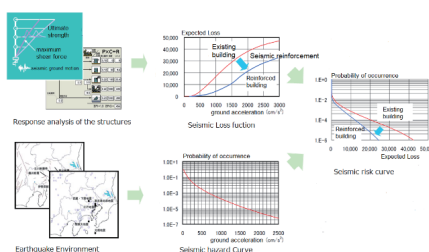


Fig.2 Outline of seismic risk analysis

and conducting research on analysis methods to consider the questions, "How do buildings shake when an earthquake is occurring?", and "At what intensity of shaking will buildings collapse?" We also are proposing a shell and spatial structure with base isolation devices and vibration dampers, in order to realize spatial structures that are safe, even when larger earthquakes occur.

In addition, at our laboratory, we are developing a seismic performance evaluation method based on earthquake risk analyses. In conventional earthquake-resistant designs, a design method that takes into consideration the yield strength and the deformability of the main structural members (columns, beams and earthquake-resistant walls) are adopted. Nowadays, the need for an evaluation of earthquake resistance performance that combines the damage of non-structural materials, including ceiling materials, and the function maintenance performance of buildings is increasing. The Earthquake Risk Analysis is a method of stochastically obtaining earthquake hazard (Seismic hazard curve) according to the construction position of the buildings and the amount of damage inflicted by the earthquake (Seismic loss function) from building strength and deformability. This method allows us to evaluate in consideration of economic losses due to the damage of nonstructural materials, in addition to damages to major constructional materials and losses due to the cessation of the building

functionality.

By adopting this method: 1) it is possible to design buildings in such a way as to take account of the expenditure that the building will require during its service period (LCC, Life Cycle Cost. 2) It is possible to quantitatively measure the reduction in costs which results from installing base isolation devices and vibration dampers and to judge the effectiveness of seismic strengthening. 3) It can be used for analyzing earthquake function maintenance performances in school gymnasiums, factories, medical facilities, etc.

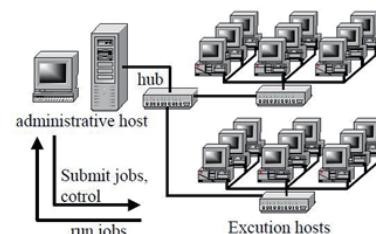


Fig.3 Parallel grid computing system

Furthermore, a faster computer is required to perform high-precision numerical analyses and earthquake risk analyses of large-scale structures such as shell and spatial structures. For example, in the seismic risk analysis, a large number of calculations (so-called Monte Carlo simulation) have to be performed in order to consider earthquake inputs and variations in the yield strength in structures. Therefore, we position parallel grid computing (Fig. 3), an HPC (High-Performance Computing) method, as the basic technology for our numerical analysis method and are also conducting research on simple HPC construction methods and how to utilize them in the field of construction civil engineering. Specifically, we are proposing optimization methods using a grid system and a genetic algorithm, and large-scale structural analysis methods using a grid parallel computing system.

Utilizing Digital Fabrication Tools to Enjoy Designing Chairs with Parents and Children

Open the possibilities of woodworking to local communities with digital fabrication tools by means of a computer-aided design system that anyone can easily operate

By Akihiro Mizutani

The 3D CAD system, which can design 3D chairs by a simple operation, developed by Mizutani, a lecturer of the Department of Architecture and Civil Engineering, is developed in such a way that anyone can easily operate it. The chair-making workshop was designed so that parents and children can enjoy making chairs together using the digital fabrication of the system. In the chair-making workshop: (1) The parents and children design the original chair that matches the child's figure, (2) the miniature model is processed and produced with the laser cutter, and (3) the actual product is processed with the CNC router. This ICT-applied technology could revolutionize aspects of future society. We expect a personal manufacturing revolution to open up new possibilities for the local community, applying such digital fabrication tools.



Mizutani (Back) and children who participated in the workshop.

In recent years, digital fabrication tools, such as laser cutters and CNC routers, which had previously only been used by industry, have been developed into individual manufacturing facilities as tools available for personal use. Diffusion of such digital fabrication has dramatically changed the opportunities for manufacturing by individuals. It is also becoming apparent that the creation of a community centered on manufacturing can be carried out by networking on the Web and SNS. Our activities are aimed at building regional communities where manufacturing and community formation is actively performed using such digital fabrication. We designed chair making workshops specifically focused on children and their guardians with the goal of targeting citizens who have had little involvement in manufacturing and digital fabrication so far.

In the chair-making workshop: (1) The parents and children design the original chair that matches the child's figure, (2) the miniature model is processed and produced with the laser cutter, and (3) the actual product is processed with the CNC router. The original chair is designed and processed using a 3D

CAD system (Fig. 1), which can design a 3D shaped chair through a simple operation I developed.

This unique 3D CAD system has been devised so that anyone can operate it easily, and in the chair-making workshop, parents and children can enjoy making a digitally fabricated chair using that system. Specifically, it is possible to design a 3D chair simply by manipulating the three lines that determine the elevation shape: the inner diameter line, the outer diameter line, and the seat surface/back plate range line. Normally, in order to manufacture something by digital fabrication, you need to first acquire basic techniques such as how to operate the 3D CAD. This kind of hurdle tends to lead to people giving up before they ever get to the fun part of actual design and manufacture. This workshop aims to overcome such hurdles by going the opposite way from the normal process, and starting with the pleasurable aspects of design, processing and production. By making the experience more accessible and enjoyable, it is hoped that we can widely disseminate manufacturing by digital fabrication.

Complex curve shape processing and fitting parts in free 3D shapes are difficult processing even for craftsmen, but with digital fabrication tools, even beginners without professional knowledge and skills can process them. Details of the fitting parts, uniquely determined by the design and the size of the wood used, can be generated semi-automatically by using the 3D CAD system (Fig. 2). In other words, it is possible

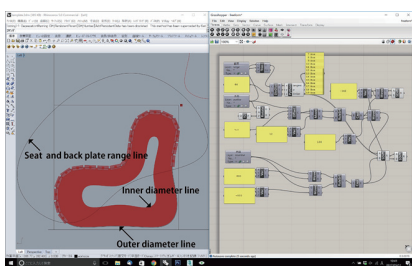


Fig.1 Interface of 3DCAD system developed independently by Mizutani



Fig.2 Cutting by CNC router (upper left), detail of fitting part (upper right), manual filling work (lower left), picture of the workshop (lower right)

to operate it without having to bother too much with the bulk of the simple repetitive work, which relies on the machines' strong point of accurate processing by numerical control. This allows people more energy to focus on creativity and fine handwork, our forte as human beings. What is special about our activity is the degree to which it makes previously remote technology so accessible, such as advanced woodworking production, digital fabrication and the independently-developed 3D CAD system.

We expect that the experiences at the chair-making workshop applying this digital fabrication will become the first step toward constructing local manufacturing communities, and the accumulation of these small steps will eventually become a major force connecting society as a whole. Technology using ICT has opened the doors to the future. We believe that an individual centred manufacturing revolution, applying such digital fabrication technology, will open up new possibilities for local communities.

A part of this activity was supported by Toyo-hashiki City's next-generation manufacturing R&D promotion subsidiary aid.

Study on Earthquake Resistance and Wave Resistance of Harbors and Coastal Structures

Approaching small soil particles at the bottom of the ocean, which holds the fate of huge civil engineering structures

By Tatsuya Matsuda

Matsuda, a lecturer at the GeoMechanics Laboratory, and his team are focusing on the mechanisms and the influence of earthquakes, tsunami, and high waves on the stability of the supporting ground of ports and coastal structures, and are examining the soundness evaluations of those structures. We are focusing on the complicated sediment transport phenomenon, where the driving force to the soil particles in the ground caused by the waves and the permeability generated by the water pressure fluctuations in the ground act in combination, and we are conducting observations by wave-making channel experiments. This research addresses the theme of "Thinking about the movement mechanisms of very small soil particles to evaluate the stability of huge civil structures," with a fusion of geomechanics and water engineering research. We believe that it will prove to be very valuable, both academically and socially.



The impact of earthquakes, tsunami, and waves on the stability of the seabed is a very important research topic in evaluating the soundness of harbors and coastal structures. Until now the soundness of harbors and coastal structure foundations has usually been evaluated by means of multiple practical tests. However, there are still many uncertainties in clarifying the phenomena caused by the interactions between waves and the ground and structures, such as the damage which was inflicted on breakwaters and seawalls due to the tsunami caused by the Great East Japan Earthquake.

We are studying the soundness assessment of harbors and coastal structures, focusing on the stability of the supporting ground in respect to earthquakes, tsunamis, and high waves. In this research, we evaluate the soundness of harbors and coastal structures on multiple scales, ranging from the movement of very small soil particles to the evaluation of the stability of huge civil engineering structures, while simultaneously aiming for research fusion by collaborating with water engineering. We believe that it has a high value both academically and socially.

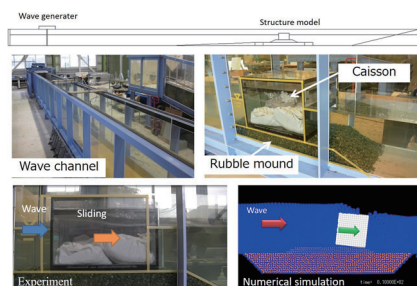


Fig.1 Experiment and numerical simulation

structures against earthquake tremors and tsunami, we have clarified the damage mechanism of the structures that accompanies the destabilization of the supporting ground, by using numerical simulations using a method called centrifuge model test or particle method, and we have studied drastic measures and design methods based on fracture control design.

Recently, we have been focusing on the complicated sediment transport phenomenon, where the driving force to the soil particles in the ground caused by the flow rate on the surface of the seabed at the wave field and the permeability generated by the water pressure fluctuations in the ground act in combination. We have been observing this process using wave-making channel experiments. The experiments are carried out on a reduced scale model of the actual conditions to be targeted. Such a scaled experiment creates the problem that the full scale phenomenon cannot be exactly reproduced in this way.

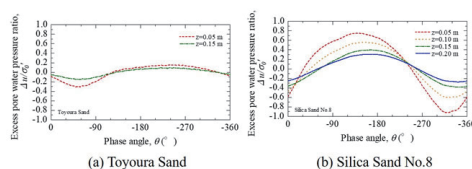


Fig.2 Change in the excess pore water pressure ratio induced by sea wave

Accordingly we must consider not only the geometric scale on the length scale, but also on the mechanical/dynamical scale. Normally, because influence by gravity is dominant in wave reproduction experiments, they are conducted in consideration of the similarity law according

to the Froude number (the ratio of the inertial force of the fluid to the gravity). Furthermore, we are conducting our studies under experimental conditions that take into account the scale law with the actual size, focusing on the speed of soil particles falling in the water in order to examine the reproducibility of the fluctuation of the pore water pressure (water pressure in the ground due to groundwater), in addition to the movement phenomenon of the seabed ground.

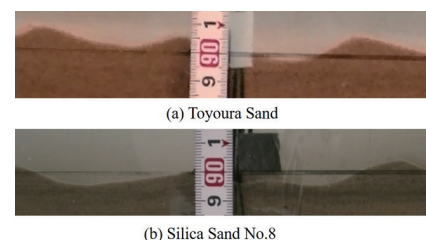


Fig.3 Surface profile of seabed at 375 waves load

Specifically, we have installed sensors to measure the water pressure in the ground and to record changes in the ground pressure where waves act. Then, to interpret the probability of the numerical values measured in the experiments, we compared the data with the numerical values obtained by the numerical solution to the scale in the real phenomenon. As a result, the experimental values of the ground pressure change that we obtained were very close to the value obtained by the mathematical solution, and we were able to determine that the stress change of the ground at the wave field could be reproduced appropriately in the experiment. It is our hope that by such methods we may come to a deeper understanding of what kind of structural damage is caused to foundations by the movements of soil, sand and waves.

Understanding the Sea Close to Us

Grasping the sand movements of coasts, estuaries, and bay areas

By Shigeru Kato

In Japan, with its very long coastline, coastal erosion has become a serious problem due to factors such as the decrease in the supply of sediment from land area as well as the interruption of sediment flow caused by structures. At the Department of Architecture and Civil Engineering at Toyohashi University of Technology Professor Kato and his team are conducting surveys and studies to ascertain changes in coastal topography and the movement of sand, with the goal of achieving appropriate sediment management in coastal areas.



Professor Shigeru Kato (left) with his laboratory members

Japan is a small island country surrounded by sea, but it has one of the longest coastlines in the world. The coastline is about 35,000 km, which is about 85% of the distance around the Earth (about 40,000 km). Every day, this extremely long coastline is exposed to high waves generated by low atmospheric pressure and storm surges due to typhoons, and the topography of the coastal area is constantly changing. The coastal environments we are so familiar with, such as sandy beaches and tidal flats, have up to now been maintained by sediment supply from the land carried by rivers and other sources.

However, not only is this supply drying up, but the development of coastal areas due to land expansion and the construction of coastal structures on landfills have also damaged the balance of sediment dynamics (movement of sand). This delicate balance depends upon the preservation of the thin layer of sediment in coastal areas. Serious coastal erosion is occurring across the country as a result.

Toyohashi University of Technology is located in a place surrounded by rich marine environments such as the open sea and bays as well as freshwater rivers and lakes. Our Coastal Engineering Laboratory has been actively engaged in monitoring the changes of such areas. For example,

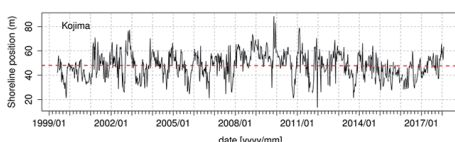


Fig.1 Result of long-term shoreline monitoring on the Omoteshima coast

we have been monitoring in cross-section profiles and shoreline positions of sandy beaches, analyzing the chemical element characteristics of beach sand and investigating sediment transport in tidal flats in order to get an understanding of sediment dynamics. This work is carried out primarily in the coastal areas of the open sea, bays, and estuaries. We are continuing the work of monitoring the sand beach sectional topography and shoreline positions of the Omoteshima coast, which was started by Prof. Aoki in 1999.



Fig.2 Survey of sediment transport and morphometry of tidal flat Setting up color sand (left), morphometry of tideland (right)

To date we have accumulated the data over about 18 years (Fig.1). The data is also used as basic data for the decisions regarding shoreline management under the Aichi Prefecture's coastal conservation plan. By analyzing the chemical element properties of beach sand using fluorescent X-ray analysis, we have determined that the content of elements such as Fe (iron), Mn (manganese), and Ti (titanium), all of which are always detected, can be used as an index to judge erosion / deposition tendencies of beaches, elevation above sea level (height) of sandy beaches, and size of sand grain. We are also conducting surveys that locally track the movements of the sand by injecting color sand (artificially-colored sand) into the tidal flat and measuring the topography of the tidal flats

(Fig.2). Recently, we have also been attempting morphometry of tidal flats using UAVs (drones) (Fig. 3), and we are also conducting surveys and research on monitoring and conservation of the nearshore environment.

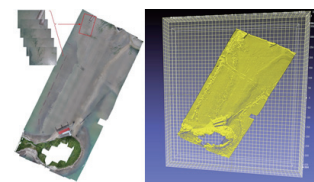


Fig.3 Topographical monitoring of the Tombolo tidal flat (Survey area: Higashihazu-cho, Nishio-shi, Aichi prefecture). Composite photograph of the full view of the tidal flat (left), Three-dimensional shape of the constructed tidal flat (right).

It is important to properly ascertain the abundance of sediment (Stock) and its movement (Flow) in the coastal areas in order to develop countermeasures and solutions to the problem of coastal erosion. The purpose of our coast survey and topography monitoring by UAVs is to grasp the actual situation by actually investigating the site. In addition, our goal with the chemical element analysis is to establish it as a new tool for understanding sediment dynamics in the coastal regions. We are conducting these surveys and research while experiencing the richness, bounty, and constantly changing face of these natural sites first hand.

Part of this activity was supported by the following funds.

- Grants-in-Aid for Scientific Research (Challenging sprout research, assignment number 24656294)
- Mitsui & Co. Environment Fund (Research grant for 2013, Representative: Aichi Fisheries Research Institute)

巻頭言：暮らしを守り豊かにする建築・都市システム学

宮田 譲

2011年3月11日に発生した東日本大震災などは私たちに大きな衝撃と悲しみを与え、被災地では未だに傷跡が生々しく残っています。この未曾有の大震災からの一日も早い復興・復旧や災害に強い建物やまちづくりが今後の日本の発展の重要課題になっています。

一方で、これからの社会は、地球温暖化に伴うグローバルな環境変化の中で、エネルギー消費の削減、水や食料の不足など、資源の制約や枯渇を経験することが予想されます。さらに日本社会は、少子高齢化の進行とともに、社会システムの再構築や建築・社会基盤施設の整備・維持管理を達成しなければなりません。

このような社会的要請に応えるためには、人々が安全・安心に暮らせる災害に強いしなやかで強靱な建物やま

ちづくり、物質的な豊かさから生活の質の向上を求める生き方への転換、および建築・社会基盤施設やそれを取りまく国土の環境の適切な管理が必要で、それを実現するための新たな技術が求められています。また、そのような技術を身に付け、将来を担っていく優秀な技術者を養成しなければなりません。

豊橋技術科学大学建築・都市システム学系では、これからの社会に安全・安心で質の高い生活環境を提供するために、都市・地域の建築・社会基盤施設および国土環境をデザインするとともに、それをシステムとしてマネジメントするための技術进行研究しています。また、このような技術を習得した技術者を育てるための教育プログラムを提供しています。すなわち、従来の学問分野である建築学と土木工学を融合させるとともに、社会科学

および人文科学の要素を積極的に取り入れた新しい学問分野にチャレンジしています。

研究面では、都市や地域の持続的発展のために必要な基盤の研究や未来社会に新しい価値を生み出すための創造的研究を実践しています。これらを教育課程に反映させることにより、建築・社会基盤分野の専門知識とそれらを活かすデザイン力・マネジメント力を備え、国際的に活躍できる実践的・創造的技術者・研究者を育てることを目標としています。

この特集号では豊橋技術科学大学建築・都市システム学系を代表する若手研究者4名の方々に、それぞれの最新の研究紹介をお願いしています。本系の活動を少しでもお知りいただき、読者の方々のお役に立てればと考えています。

地震に負けない大空間構造を求めて

シェル・空間構造の耐震設計に関する研究

中澤 祥二

構造力学研究室の中澤教授の研究グループでは、タンクなどの産業構造物や学校体育館、スポーツアリーナなど柱のない大空間として幅広く利用されている「シェル・空間構造」について、安全かつより自由な構造物を実現するべく、座屈現象を十分に勘案した新しい解析・設計方法の提案や、耐震設計のための分析方法や解析ソフトについての研究を行っています。また、主構造材の損傷に加えて非構造材の損傷による経済的な損失や建物機能性が失われた時の損失を考慮した地震リスク解析に基づく耐震性の評価手法についての研究も行っています。さらには、これらを効率的に実施するための並列コンピューティングにも取り組んでいます。

「シェル・空間構造」は、貝殻のような曲面構造（ドーム、円筒など）であり、薄い部材や細い部材を用いて巨大な無柱空間を覆うことでできます（Fig1）。そのため、シェル・空間構造はタンクなどの産業構造物や学校体育館、スポーツアリーナなどに幅広く利用されています。この種の構造物は比較的公共性が高く、高い耐震性が要求される構造物です。特に、学校体育館では、震災後に避難施設として利用することも想定されており、天井材などを含む非構造材の耐震性能評価にも注目が集まっています。

我々の研究室では、シェル・空間構造の座屈設計と耐震設計に関する研究を行っています。シェル・空間構造では、薄い部材や細い部材が利用されることが多くあります。また、ドームのように構造全体に圧縮力が作用している場合、座屈現象が発生します。座屈現象とは、細長い部材に両端からある圧縮力が作用したときに急激に横方向に孕みだす現象のことを言います。さらに、シェル・空間構造では、構造全体が座屈する全体座屈（シェルの座屈）や部材が座屈する個材座屈（柱のオイラー座屈）の両方を考慮して解析や設計をする必要があります。これらの座屈現象を十分に勘案した新しい解析方法や設計法を提案しています。

また、シェル・空間構造の耐震設計については、「地震が作用したときにどのように揺れるのか？」、「どの程度の地震動が作用すると壊れてしまうのか？」などを分析するための解析ソフトの開発、分析方法に関する研究を行っています。また、より大きな地震動が作用した場合でも安全な空間構造を実現するために、免震装置や制振ダンパーを導入したシェル・空間構造物の提案を行っています。

さらに本研究室では、地震リスク解析に基づく耐震性能評価手法の開発も行っています。従来の耐震設計では、主構造材（柱、梁や耐震壁）の耐力や変形能力を勘案した設計法が採用されています。現在では、天井材などを含む非構造材の損傷や建物の機能維持性能も併せた耐震性能評価の必要性が高まりつつあります。地震リスク解析は、建物の建設位置に応じた地震ハザード（地震危険度；Seismic hazard curve）と、建物耐力や変形性能から地震による被害額（地震ロス関数；Seismic loss function）を確率論的に求める手法です。この方法では、主構造材の損傷に加えて非構造材の損傷による経済的な損失や建物機能性が失われた時の損失を考慮した評価が可能となります。この手法を援用することにより、1) 建物が供用期間の間に受けるコス

ト（LCC、Life Cycle Cost）を勘案した設計が可能となります。また、2) 免震や制振部材を導入することによる損失コスト低減を定量的に評価し、耐震補強の有効性を判断することができます。そして、3) 学校体育館、工場、医療施設等の地震時機能維持性能の分析に利用することができます。

ところで、シェル・空間構造などの大規模構造物の高精度数値解析や地震リスク解析を行うためには、より高速のコンピュータが必要となります。例えば、地震リスク解析では地震入力や構造物の耐力のばらつきを考慮するために多数の演算（いわゆる、モンテカルロシミュレーション）を行う必要があります。そこで、本研究室では、HPC（ハイパフォーマンスコンピューティング）の1手法である並列グリッドコンピューティング（Fig3）を数値解析法の基盤技術と位置づけ、HPCの簡単な構築方法に関する研究や建築土木分野での活用方法に関する研究も行っています。具体的には、グリッドシステムと遺伝的アルゴリズムを用いた最適化手法の提案やグリッド並列計算システムを用いた大規模構造解析手法の提案などを行っています。

デジタル・ファブリケーション技術を活用して、親子で椅子のデザインを楽しもう

誰でも簡単に操作できるコンピュータ設計支援システムにより、デジタル工作機器による木工ものづくりと地域コミュニティの可能性を開く

水谷 晃啓

水谷講師が開発した、単純な操作で3D形状の椅子のデザインが可能な3DCADシステムは、誰でも簡単に操作することができるよう工夫されています。椅子づくりワークショップはそのシステムを用いることでデジタル・ファブリケーションを通じた椅子づくりを親子で楽しみながら行えるように考案されています。椅子づくりワークショップでは、①子供の体形に合ったオリジナル椅子のデザインを親子で行い、②レーザーカッターでミニチュア模型の加工・製作を、③CNCルータで実物の加工・製作を行います。ICTを応用した技術が未来の社会を切り開いてきておりますが、こうしたデジタル・ファブリケーション技術を応用した個人のものづくり革命が、地域コミュニティの新たな可能性を切り開いていくことを期待しています。

近年、レーザーカッターやCNCルータなど、これまで工場で用いられてきたデジタル加工機が、個人利用が可能なツールとして各地のものづくり施設に整備されはじまりました。こうしたデジタル・ファブリケーションの普及は、個人のものづくりの機会を劇的に変化させました。また、インターネットやSNSを通じてこのような個人のものづくりの機会がネットワーク化されることで、ものづくりを核としたコミュニティの形成が行われることがわかってきています。私達の活動は、こうしたデジタル・ファブリケーションを用いたものづくり、コミュニティ

イ形成が積極的に行われる地域社会の構築をめざしたものです。特にこれまでものづくりやデジタル・ファブリケーションに関わりが少なかった市民を対象にすべく、子供たちとその保護者に焦点を合わせ、椅子づくりワークショップを展開しています。

椅子づくりワークショップでは、①子供の体形に合ったオリジナル椅子のデザインを親子で行い、②レーザーカッターでミニチュア模型の加工・製作を行い、③CNCルータで実物の加工・製作を行います。オリジナル椅子の

デザインと加工は、私が開発した、単純な操作で3D形状の椅子のデザインが可能な3DCADシステム（Fig.1）を用いて行います。この独自の3DCADシステムは誰でも簡単に操作することができるよう工夫されており、椅子づくりワークショップは、そのシステムを用いることでデジタル・ファブリケーションを通じた椅子づくりを親子で楽しみながら行えます。具体的には立面形状を決定する内径ライン、外径ライン、座面・背板範囲ラインの三つのスプラインを自由な形状に操作するのみで3D形状の椅子のデザインを行うことが出来ます。通常、

デジタル・ファブリケーションを通したものづくりを行うためには、デザインや製作加工の前に、3DCADの操作方法といった基礎技術の習得が必要となります。このことが少なからずものづくり参画のハードルを高いものとし、また本来の目的であり楽しみであるデザインや製作加工に到達する前に修練の道を諦めてしまうという事態を引き起こしていました。ここではデジタル・ファブリケーションを用いたものづくりを広く普及させることを目的に、コンピュータ支援を積極的に活用して、通常のプロセスとは反対のデザインや加工、製作の楽しみから始められるようになっていきます。

自由な立面形状に含まれる複雑な曲線形状加工や嵌合(かんごう)部分などは職人でも難しい加工ですが、デ

ジタル工作機器を用いれば、専門的な知識や技術がないう初心者であってもその加工を実現することができます。デザインと使用する木材のサイズによって一義的に決まる嵌合部分のディテールは、3DCADシステムにより半自動でその加工データの生成を行うことができます(図2)。つまり、機械が得意とする単純な繰り返し作業や数値制御による正確な加工について、複雑なことを考えずに操作することが可能であり、人間が得意とする創造性やきめ細やかな手仕事に注力する余力を生むことができます。独自開発した3DCADシステム同様に、高度な木工製作やデジタル・ファブリケーションというこれまで限定的であった個人の楽しみを、より多くの方が気軽に参画できる技術として提供した点にこの活動の高い独創性があります。

このデジタル・ファブリケーションを応用した椅子づくりワークショップでの体験が、地域社会におけるものづくりコミュニティ構築の第一歩となり、その小さな一歩の積み重ねがやがて大きな力となって地域全体がつながっていくことを期待しています。ICTを応用した技術が未来の社会を切り開いてきていますが、こうしたデジタル・ファブリケーション技術を応用した個人のものづくり革命が、地域コミュニティの新たな可能性を切り開いていくと考えています。

本活動の一部は豊橋市次世代ものづくり研究開発促進事業補助金により実施いたしました。

巨大な土木構造物の命運を握る海の底の小さな土粒子に迫る

港湾・海岸構造物の耐震・耐波に関する研究

松田 達也

地盤力学研究室の松田講師の研究グループでは、地震や津波、高波浪が港湾・海岸構造物の支持地盤の安定性に与える影響やそのメカニズムに着目し、それらの構造物の健全性評価に関する検討を行っています。そのための重要な実験として、波浪によって生じる地盤内の土粒子への駆動力と地盤内の水圧変動によって発生する透水力が複合的に作用する複雑な土砂移動現象に着目し、造波水路実験による観察を行っています。本研究は、「巨大ともいえる土木構造物の安定性評価のために、とても小さな土粒子の移動のメカニズムから考える」という壮大なテーマに、地盤力学と水工学との研究融合によって挑むものであり、学術的・社会的にも価値が高い研究と考えています。

地震や津波、波浪による海底地盤の安定性は、港湾・海岸構造物の健全性を評価する上で非常に重要な研究テーマです。しかしながら、港湾・海岸構造物基礎の健全性を評価する手法として、これまで、多くの検討成果が実務的に運用されていますが、例えば、東日本大震災での津波による防波堤や護岸の被災など、波浪と地盤および構造物の相互作用に起因する事象解明はまだ不明確な点が多いのが現状です。

我々の研究室では、地震や津波、高波浪による支持地盤の安定性に着目した港湾・海岸構造物の健全性評価に関する検討を行っています。本研究では、とても小さな土粒子の移動から巨大ともいえる土木構造物の安定性評価に至るマルチなスケールで港湾・海岸構造物の健全度を評価するとともに、水工学との連携による研究融合を図っており、学術的にも社会的にも価値が高めて高い研究と考えています。

我々はこれまで、防波堤を対象として地震動および津

波に対して粘り強く構造を維持するため、遠心力載荷実験や粒子法といわれる手法を用いた数値シミュレーションを用いて支持地盤の不安定化に伴う構造物の被災メカニズムの解明を行い、破壊制御設計に基づく抜本的な対策および設計法について検討してきました。

これに加え最近では、波浪場における海底表面層の流速によって生じる土粒子への駆動力と地盤内の水圧変動によって発生する透水力が複合的に作用する複雑な土砂移動現象に着目し、それを造波水路実験により観察しています。本実験では、対象とする実際の条件に対して、縮尺した条件で実験を実施しています。このような縮尺実験においては、単純に長さを縮尺したのみでは、実現象を再現できないという課題があります。そこで、長さスケールに関する幾何学的な縮尺に加え、力学的な縮尺を考える必要があります。通常、波浪の再現実験においては重力による影響が支配的であるため、フルード数(流体の慣性力と重力の比)に従う相似則を考慮して実験を行っています。さらに本実験では、海底地

盤の移動現象に加え、間隙水圧(地下水による地盤内の水圧)の変動についての再現性を検討するため、土粒子が水中を落下する際の速度に着目して実物とのスケール則を考慮した実験条件による検討を行っています。具体的には実験において、地盤内に水圧を計測するセンサを配置し、波浪が作用する地盤内の水圧変化について計測しています。そして、実験で計測した数値に対し、その確かさを判断するため、実現象におけるスケールに対する数式解により得られた数値と比較を行いました。その結果、本実験では数式解により得られた値と非常に近い地盤水圧変化の実験値が得られ、実験において波浪場における地盤の応力変化を適切に再現できることを明らかにすることができました。

今後は、波浪による土砂の移動現象や構造物の被害メカニズムを詳細に検討し、その真相に迫りたいと考えています。

身近な海を調べる

海岸や河口、内湾域での砂の移動を把握する

加藤 茂

非常に長い海岸線を持つ日本では、陸域からの土砂供給量の減少や構造物による土砂移動の連続性の遮断により、各地で海岸侵食が深刻な問題となっています。豊橋技術科学大学建築・都市システム学系の加藤茂教授の研究グループでは、沿岸域での適切な土砂管理を実現するために必要な海岸地形の変化や土砂の移動状況を把握する調査・研究を実施しています。

日本は海に囲まれた小さな島国ですが、その海岸線は約35,000kmであり、地球一周の長さ(約40,000km)の約85%にも及ぶ世界でも有数の長い海岸線を有しています。この非常に長い海岸線は、低気圧等によって発生する高波や台風による高潮などに日々さらされており、沿岸域の地形は絶え間なく変化しています。砂浜や干潟などの我々の生活に身近な海岸の環境は、河川等による陸域からの土砂供給によって維持されてきました。

しかし、近年は陸域からの土砂供給が減ったことに加えて、埋め立てに陸地の拡大や海岸構造物の建設等による沿岸部の開発により、沿岸域に存在する僅かな土砂で保たれていた漂砂バランス(土砂の移動)が壊れてしまい、その結果として深刻な海岸侵食が各地で発生しています。

豊橋技術科学大学は、周囲を外洋、内湾、河川、湖といった豊かな水環境に囲まれた位置に立地しています。我々の海岸工学研究室では、主に外洋や内湾の沿岸域

や河口部での土砂動態を把握することを目的として、砂浜の断面形状や汀線位置の変化のモニタリング、海浜砂の化学元素特性の把握、干潟での土砂移動調査などに取り組んできました。前任者の青木教授が1999年に開始した表浜海岸での砂浜断面地形と汀線位置のモニタリングは継続中で、現時点で約18年にわたるデータを蓄積しています(Fig.1)。このデータは愛知県の海岸保全計画における管理汀線決定の基礎資料にもなっています。蛍光X線分析を用いた海浜砂の化学元素特性の把握では、常に検出されるFe(鉄)やMn(マンガン)、Ti(チタン)などの元素含有量を、海浜の侵食/堆積傾向や砂浜の標高(高さ)、砂の粒径(砂粒の大きさ)を判定する指標として利用可能であることを明らかにしてきました。また、干潟にカラーサンド(人工的に色を付けた砂)を投入し、その砂の移動を現地で追跡する調査を行ったり、干潟の地形計測なども実施しています(Fig.2)。最近では、UAV(通称、ドローン)を用いた干潟地形計測にも挑戦しており(Fig.3)、沿岸環境のモニタリングとその保全について調査・研究を行っています。

海岸侵食問題への対策やその解決には、沿岸域における土砂の存在量(Stock)とその移動量(Flow)を適切に把握することが重要です。我々の実施している海岸測量やUAVによる地形モニタリングは、実際に現地を調査することでその実態を把握することを目的としており、化学元素分析は沿岸域での土砂動態を把握するための新たなツールとして確立することを目指しています。実際に現地に足を運び、現地を肌で感じることで、自然の豊かさや恩恵、変化を体感しながら、これらの調査、研究を実施しています。

本研究の一部は以下の助成を受けて実施いたしました。

- ・科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究、課題番号24656294)
- ・三井物産環境基金(2013年度研究助成、代表:愛知県水産試験場)



■ Toyohashi University of Technology

The Toyohashi University of Technology (TUT) is one of Japan's most innovative and dynamic science and technology based academic institutes. TUT Research is published to update readers on research at the university.

1-1 Hibarigaoka, Tempaku, Toyohashi, Aichi, 441-8580, JAPAN
Inquiries: Committee for Public Relations
E-mail: press@office.tut.ac.jp
Website: <https://www.tut.ac.jp/english/>

■ Editorial Committee

Takaaki Takashima, Chief Editor, Institute for Global Network
Innovation in Technology Education (IGNITE)
Kunihiko Hara, Research Administration Center (RAC)
Kojiro Matsuo, Department of Architecture and Civil Engineering
Eugene Ryan, Center for International Relations (CIR)
Yuko Ito, Research Administration Center (RAC)
Tetsuya Oishi, International Affairs Division
Tomoko Kawai, International Affairs Division