

昭和24年3月19日第3種郵便物認可 昭和36年6月20日印刷 昭和36年6月25日発行 第42巻 第6号 (毎月1日25日発行)

建築と社会

自動車と建築特集

6 / 1961

日本建築協会

歴代の会誌表紙 Vol.42 自動車と建築特集

特集 重さと関わる

2018 11

Vol.99 No.1160

建築と社会

Architecture and Society

日本建築協会

「ザ・パークハウス 神戸タワー (旧ファミリアホール)」 現場見学会

日 時
平成30年11月29日(木)
14:30~16:30(予定)
受 付 14:00~

この見学会は、建築CPD情報提供
制度認定プログラム申請中です。
(2単位)

【コンセプト】

神戸市景観形成重要建築物等として指定されていた「旧ファミリアホール」を、超高層制振タワーレジデンスの基壇部として、保存・復元するプロジェクトです。

ルネサンス様式の歴史的な建築と、スタイリッシュな美しさをもつ現代建築が融合した、新たなランドマークとしてのタワーデザインを目指しました。

外壁保存としては希少な、石を外して組み立て直す「生け捕り」の手法を活用しています。今回は、そのプロセスや低層部の石積工法を見学することができます。



建 築 主 三菱地所レジデンス(株)、
JR西日本不動産開発(株)、
三菱倉庫(株)、安田不動産(株)
設計・監理 (株)大林組
施 工 (株)大林組
講 師 (株)大林組ご担当者



所 在 地 神戸市中央区相生町1-1-1
最 寄 駅 JR神戸駅から徒歩5分
阪神西元駅から徒歩2分
集 合 現地(詳細は参加証に記載)
定 員 10名(先着順)
参 加 費 会員1,000円、一般1,500円、
学生500円

申込方法 ①催し名
②氏名(フリガナ)
③会員・一般・学生の別
④職場名または学校名
⑤郵便番号・住所
⑥当日連絡先電話番号
⑦CPD申請される方は申
請先の団体名とID番号

上記を明記しFAXかE-mailにて申込先
まで

申 込 先 一般社団法人日本建築協会
TEL: 06-6946-6981/FAX: 06-6946-6984
E-mail: jigyouka@aaj.or.jp(担当: 内山)

情報見学小委員会主催 講演会 JR西日本事業戦略

「駅からはじまる 魅力あるまちづくり」

1部: 拠点駅開発
大阪・三ノ宮・広島

2部: 準拠点駅開発
・姫路、大津、高槻、茨木、
・新駅周辺
・環状線、市中展開

日 時
2018年11月14日(水)
14時~16時

この講演会は、建築CPD情報提供
制度認定プログラムです。(2単位)

JR西日本は2017年4月、発足から30周年を迎えました。鉄道を基軸にし、地域共生企業を目指している会社であります。地域と連携し大阪駅をはじめとしたターミナル駅の開発等に取り組んだ結果、地域に新しい活力が生まれています。今後このような取り組みを今以上に積極的に進め、「住みたいまち」、「訪れたいまち」の実現に向け積極的にチャレンジしようとしています。

この度、JR西日本の開発部門の最前線に立たれている幹部を講師に招き、駅を基点にした開発の考え方を事例を元にわかりやすく説明していただきます。(ジェイアール西日本コンサルタンツ 榎田)



ビエラ桃谷



岸辺開発

■講師プロフィール

春名 幸一 (はるな こういち)
広島県出身。平成元年JR西日本入社。
東京本部副本部長、総合企画本部副
本部長を歴任。
本年6月創造本部副本部長現在に至る。



大阪駅



大津駅



ビオレ姫路

定 員 50名(先着順)
※ただし定員に達し次第締切
参加費 会員1,000円、一般1,500円
学生500円
会 場 新大阪中央ビル8階会議室
(大阪市淀川区西中島5-4-20)
最寄駅 JRまたは地下鉄御堂筋線
「新大阪」駅より徒歩5分

■申込方法

①講演会名②氏名(ふりがな)
③勤務先名または学校名
④会員・一般・学生の別
⑤E-mailアドレスまたはFAX番号
⑥郵便番号・住所
⑦CPDを申請される方は申請先の
団体名とID番号
上記項目を明記しFAXかE-mailにて
お申し込み下さい。

■問い合わせ お申し込み先
日本建築協会(内山)
TEL 06-6946-6981/FAX 06-6946-6984
E-mail: jigyouka@aaj.or.jp



吹田グリーンプレイス

第64回工高生 デザインコンクール 入選者発表

—設計課題：
みんなの「こども食堂」—

日本建築協会主催による平成30年の標記コンクールの入選者が、右記のとおり決定いたしましたので発表します。

なお、入選作品は平成31年1月号に掲載いたします。

●応募校数/26校

●応募作品数/123点

入選・最優秀賞	山崎 創羽 市菌 祐也	兵庫県立神戸工業高等学校	4年 3年
入選・優秀賞	植田 理子	大阪市立工芸高等学校	3年
入選・優秀賞	日紫喜華乃	三重県立四日市工業高等学校	2年
入選	赤堀さくら	大阪市立工芸高等学校	3年
入選	田中 琴美	大分県立日田林工高等学校	2年
入選	文淵 勝哉	大阪市立都島工業高等学校	3年
入選	細川 虹太	大阪市立都島工業高等学校	3年
入選	細川 悠人	大阪市立工芸高等学校	3年
入選	前川 悠希	神戸市立科学技術高等学校	3年
入選	松本 明莉	大阪市立工芸高等学校	3年

順不同・敬称略

2018年 建築関係団体 合同忘年懇親会

関西建築界恒例行事として、日本建築協会、大阪府建築士会、大阪府建築士事務所協会、日本建築家協会近畿支部関係者が集い、忘年懇親会を開催し親交を深めてまいりました。

本年は、大阪府建築士会が当番会として下記の通り開催することになりましたので、多数ご参加をいただきますようご案内申し上げます。

日 時 平成30年12月14日(金)
午後6時～8時
(受付5時30分より)
会 場 太閤園ガーデンホール
大阪市都島区網島町9-10
TEL.06-6356-1110

参加者 約300名予定
会 費 5,000円(福引付き)
申込み 11月16日(金)までに、会費を添えて日本建築協会事務局までお申込み下さい。
TEL.06-6946-6981
FAX.06-6946-6984
振込先 ・三井住友銀行大阪中央支店
普通 0860034
・三菱UFJ銀行瓦町支店
普通 0210054
・郵便振替口座
00910-9-39975

名義はいずれも
シャ)ニホンケンチクキョウカイ
一般社団法人日本建築協会

お願い ①出席者名簿の作成のため、申込みの際には氏名(ふりがな)・勤務先をFAXでお送りください。
②申込者で11月22日(木)までに欠席のご連絡がない場合は会費のご負担をお願いします。
③当日は名刺交換会を予定しておりますので、名刺を多数お持ちください。

2019年 在阪建築15団体 合同新年交礼会

日 時 平成31年1月4日(金)
15:00～16:00
会 場 シェラトン都ホテル大阪4階
「浪速の間」
大阪市天王寺区上本町6-1-55
TEL.06-6773-6479

参加者 600名予定
会 費 3,000円

申 込 11月30日(金)までに会費を添えて日本建築協会事務局までお申し込み下さい。
TEL.06-6946-6981
FAX.06-6946-6984
振込先 ・三井住友銀行大阪中央支店
普通 0860034
・三菱UFJ銀行瓦町支店
普通 0210054
・郵便振替口座
00910-9-39975

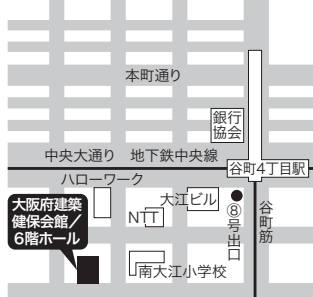
名義はいずれも
シャ)ニホンケンチクキョウカイ
一般社団法人日本建築協会

お願い ①出席者名簿の作成のため、申込みの際に氏名(ふりがな)・勤務先をFAXでお送りください。
共 催 (一社)日本建築協会
(一社)関西建築構造設計事務所協会
ほか13団体

平成30年度 建築工事实務講習会

【この講習会は、建築CPD情報提供
制度認定プログラムです。(6単位)】

■講習会会場(大阪府建築健保会館)
交通：地下鉄谷町線・中央線谷町
四丁目駅 8号出口より徒歩 5分



日 時：2019年 1月17日(木)
9:00~17:30
会 場：大阪府建築健保会館
6Fホール
大阪市中央区和泉町2-1-11
TEL: 06-6942-3622
定 員：100名(先着順)
受講料：15,000円(含テキスト代 税込)
※テキスト当日配布

■申込方法
FAXまたはE-mailにて、
①催し名「実務講習会」
②受講者氏名(年齢)
③事業所名
④受講票送付先住所
⑤担当責任者
⑥E-mailアドレス
⑦電話番号
⑧受講料支払方法
(銀行振込、郵便振替、等)
⑨CPDを申請される方は、申請先の団体名と参加者IDをお知らせ下さい。
受講料は、前納制となっておりますので、併せて銀行振込、郵便振替等で納入して下さい。受講料入金確認後、受講票を送付します。
なお、当会HPからもお申込いただけますので、<http://www.aaj.or.jp>をご覧ください。

■申込先
(一社)日本建築協会(担当 内山)
〒540-6591
大阪市中央区大手前1-7-31 OMM7F
TEL: 06-6946-6981
FAX: 06-6946-6984
E-mail: jigyoka@aaj.or.jp
URL: <http://www.aaj.or.jp>

＜振込先＞
●三井住友銀行
大阪中央支店 普通 0860034
●三菱UFJ銀行
瓦町支店 普通 0210054
●りそな銀行
北浜支店 普通 0272234
●郵便振替口座 00910-9-39975
名義 シャ)ニホンケンチュウキョウカイ
一般社団法人日本建築協会

■趣旨と内容
●本講習会は、建設業はもとより、官公庁・設計事務所・設備会社など幅広い分野の中堅以下の技術者を対象としたものです。
●現場実務の基礎である「施工計画」と「仮設見積」に重点をおき、講義します。
●都市環境の変化に伴う法令・基準の改正なども加え、技術の進歩に即応した知識の習得をはかります。

■科目・講師

施工計画

川井 裕基 氏

鹿島建設㈱関西支店
パナソニック草津W15棟工事事務所所長

北野 祥児 氏

清水建設㈱関西支店
生産計画部受注支援グループ長

施工計画は、品質を確保し、安全で能率よく経済的に本体工事を進める鍵をにぎっています。この講習会では、仮設から地下、躯体、仕上、設備にわたり、適切な施工計画の要点をわかりやすく解説します。

仮設見積

阿字地正人 氏

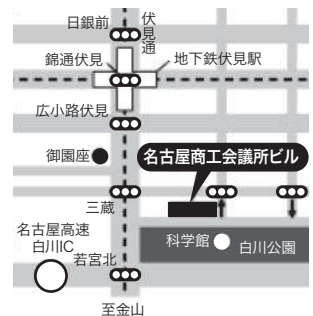
㈱大林組大阪本店
建築事業部生産技術部計画第二課長

仮設工事費は、非常に把握しにくい面があって、つつい単位面積当たり、あるいは請負金比率のみで処理されがちです。施工計画に基づいた合理的で迅速な見積方法を解説します。

日本建築協会東海支部主催 建築工事实務講習会

【この講習会は、建築CPD情報提供
制度認定プログラムです。
(公社)愛知建築士会(6単位)】

■講習会会場
(名古屋商工会議所ビル)



日 時：2019年 1月23日(水)
9:30~17:00
会 場：名古屋商工会議所ビル 9階
愛知建築士会内
名古屋市中区栄2-10-19
定 員：60名(先着順)
受講料：15,000円(含テキスト代 税込)
※テキスト当日配布

■申込方法
FAXまたはE-mailにて
①講習会名
②郵便番号・住所
③受講者氏名・年齢
建築CPD単位申請希望者は氏名の下にCPD登録番号を明記
④事業所名
⑤申込担当者名
⑥電話番号・FAX番号・E-mailアドレス
⑦受講料支払方法(銀行振込等)
受講料は前払制となっておりますので、併せて銀行振込等で納入して下さい。受講料入金確認後、受講番号をE-mailまたはFAXで通知します。なお、日本建築協会東海支部HPから受講申込書のダウンロードができますので、<http://www.aaj-tokai.jp>をご覧ください。
■締切日 2019年 1月15日(火)
但し、定員に達し次第締め切ります。

■申込先
(一社)日本建築協会 東海支部
〒460-0008
名古屋市中区栄2-10-19
名古屋商工会議所ビル・9階
(愛知建築士会内)
TEL: 052-201-2201
FAX: 052-201-3601
E-mail: info@aaj-tokai.jp
URL: <http://www.aaj-tokai.jp>

＜振込先＞
●三菱UFJ銀行
栄町支店(普通 0167157)
シャ)ニホンケンチュウキョウカイウカイシブ
一般社団法人日本建築協会東海支部

■趣旨と内容
●本講習会は、官公庁・設計事務所・建設業をはじめ、設備・営繕など幅広い分野の技術者を対象としたものです。
●とくに取り付きにくい施工計画と仮設見積、現場実務の基礎である積算業務に重点をおき、講義します。
●都市環境の変化に伴う法令・基準の改正なども加え、技術の進歩に即応した知識の習得をはかります。
●積算業務では具体例により、その着工準備から完成に至るまでをわかりやすく解説します。

施工計画

日吉 智紀 氏

清水建設㈱名古屋支店
生産技術統括部生産技術グループ主査

適切な施工計画を立案できることが建築現場技術者の必須条件です。安全で、経済的な施工計画を解説します。

仮設見積

相原 仁史 氏

㈱大林組名古屋支店
建築工事部建築生産技術第一課課長

仮設工事費は、一般には非常に把握しにくい面があって、つつい単位面積当たり、あるいは請負金比率のみで処理されがちです。施工計画に基づいた合理的で迅速な見積方法を解説します。

積算業務

木原 陽 氏

㈱竹中工務店名古屋支店
見積部建築3グループ主任

見積業務のなかで基本となるのは、数量積算です。この手順・基準を基本に、より合理的で正確な積算業務を解説します。

会誌「建築と社会」の電子化公開に伴う掲載論文、図版、写真等の著作権譲渡のお願い

日本建築協会（以下「本会」という）は、1917年（大正6年）の創立以来、会誌「建築と社会」（創刊時は「関西建築協会雑誌」以下「本誌」という）を刊行して参りました。101年の長きに渡り本誌を刊行できましたことは、ひとえに会員各位のご支援、ご協力の賜物と深く感謝申し上げます。

この度、本会は本誌に掲載された貴重な資料の容易な閲覧を目的として、創刊号に遡って電子化し、直近一定年を除く全文を本会会員に向けて無料公開することが2018年4月の常任理事会で了承されました。

本誌を電子化公開するにあたり、掲載された論文、記事、図版、写真は、著作権（複製権、公衆送信権を含む）が本会に帰属していることが必要となります。そこで本会では、本誌に掲載された論文、記事の著作権を著者から本会に譲渡願うこととし、また図版、写真に関しては「複製権」「公衆送信権」の使用許諾をお願いする次第です。

著作者のみなさまには、電子化公開の目的と意義をご理解いただき、著作権の譲渡および、使用許諾をお願い申し上げます。

この件に関しましてご了承いただけない場合、あるいはご質問等がある場合は2018年11月末日までに本会事務局宛にご連絡ください。

お申し出のなかった論文、記事、図版、写真等につきましては、ご了承いただけたものとし、電子化公開の作業を進めさせていただきます。

なお、期限後にお申し出があった場合においても、ご相談の上、対応させていただきます。

今回のお願いは本誌電子化公開が目的であり、これまで著作者のみなさまが有していた権利としての研究活動のための論文の個人的利用等についてはこれまでと同様です。

みなさまのご理解とご協力を何卒よろしくお願い申し上げます

【本件に関するお問い合わせ】

〒540-6591 大阪市中央区大手前1丁目7番31号 OMMビル7階B室（私書箱107号）

TEL：06-6946-6981 / FAX：06-6946-6984 / E-mail：soumu@aaaj.or.jp

一般社団法人 日本建築協会 事務局

日本建築協会京都支部：主催
(公社) 日本建築家協会京都
地域会・事業委員会文化財担
当委員会：共催

勉強会 「歴史的建造物の 修理について ー伝統工法の理解と 応用ー」

■講師プロフィール

菅澤 茂 (すがさわ しげる)
1953年生まれ。環境文化保存計画菅
澤 1 級建築士事務所。
工学院大学客員研究員 元京都府教
育委員会文化財保護課専門幹 上級
文化財保存修理技術者 1 級建築士
消防設備士。

近年、昭和9年に建設された築地本願寺本堂(現在は重要文化財)、昭和33年に建設された東京タワーが国登録有形文化財に選定されているが、登録の基準は建築後50年を経ることが基本要件になる。文化財件数は年々増加すると共に、建造物としての定期的な建築修理が必要になってくる。現在、国宝重要文化財建造物は約5000棟あり、この維持修理工事は文化庁の承認する団体が工事企画と設計監理をしている。それ以外の国登録有形文化財・約11500件(棟)、伝統的建造物保存地区・115地区の民家町屋は数千棟になるとが想定できるが、この維持修理は、一般設計事務所、建設業者が設計監理、施工に携わることになる。



東近江市瓦屋寺(国登録)

この講座では京都の職人技術「わざ」を紹介し、実施事例を考察することにより、歴史的建造物における伝統工法、修理工程、破損調査、史料調査を理解することが出来る。
歴史的建造物工事は特殊な分野ではなく、今後、建築家や施工者が携わるべきもので、本講座でその概要を紹介するものである。

日 時 2018年11月16日(金)
18:30~20:30
定 員 25名(先着順)
参 加 費 会員1,000円(主催・共催 共)、
一般1,500円、学生500円



西本願寺

会 場 京都建設会館別館4F会議室
(京都市中京区押小路通柳
馬場東入橋町641)
最 寄 駅 地下鉄東西線「市役所前」駅
より徒歩7分、地下鉄烏丸線
「烏丸御池」駅より徒歩10分
申込方法 ①講演会名「11/16勉強会」、
②氏名、③勤務先・学校名、
④当日連絡先、⑤E-mail
アドレス又はFAX番号、
⑥会員、一般、学生の別
上記項目を明記しFAXで
下記へお申し込みください。
申 込 先 (一社)日本建築協会京都支部
事務局 FAX 075-255-6077



東寺東大門

建築と社会

Architecture and Society

Journal of the Architectural Association of Japan

日本建築協会

2018 11

Vol.99 No.1160

■特集予告

●12月号／(仮) こだわりの空間料理人

●1月号／共生社会のまちづくり(仮)

今月の表紙

10月号のVol.29からしばらくの間、会誌名や、年月等のほぼ文字のみの表紙が続き、1954年のVol.35から写真やイラストが表紙を飾るようになります。また特集号形式もVol.35から定着するようになりました。

丁度、高度成長が始まった頃ですから、いろいろな意味で余裕ができてきたのかもしれません。

また青年建築家特集（現在の青年技術者特集）が始まったのも1954年からで、会告を見る限り、当時は年齢制限がなかったようです。（今回の表紙の1961年は「35才ぐらいまで」となっています。）

1961年の特集は、「アイデア特集」「自動車と建築」「建築とリクリエーション」「建築産業構造」「日本近代建築運動史」など、前後の年より少し変わった企画が多く見られます。

特集 重さと関わる

【総論】

重さを感じる●満田 隆 12

【各論】

- 1 質量の単位「キログラム」の新しい定義
ー130年ぶりの定義改定、さらばキログラム原器ー●倉本直樹 16
 - 2 宇宙のおもさを測る●身内賢太郎 18
 - 3 重さで魅せる●佐藤 淳 20
 - 4 Polandに火を灯せー1000MW級火力発電所建設に関する
重量物輸送業務に従事してー●渡邊 諭 22
 - 5 軽く、逞しくー軽量化への挑戦ー●園子博昭 24
 - 6 アルミニウムによる土木製品軽量化の事例●川畑達哉 26
 - 7 軽量化の追求、時代の変遷●櫻井正幸 28
 - 8 3次元浮揚免震による震災ゼロ区域「フロート・シティ」の
実現に向けて●安田正志 30
- 【編集後記】 32

会告	「ザ・パークハウス神戸タワー（旧ファミリアホール）」 現場見学会/情報見学小委員会主催 講演会 JR西日本 事業戦略「駅からはじまる魅力あるまちづくり」 第3回建築セミナー 直感で理解する！構造力学の基本 第64回工高生デザインコンクール入選者発表ー設計課 題：みんなの「こども食堂」ー、2018年建築関係団体 合同忘年懇親会、2019年在阪建築15団体合同新年交礼会 平成30年度建築工事実務講習会（本部、東海支部） 会誌「建築と社会」の電子化公開に伴う掲載論文、図版、 写真等の著作権譲渡のお願い 京都支部：主催 勉強会「歴史的建造物の修理について ー伝統工法の理解と応用ー」	1 2 3 4
作品作風	フソウテクノセンター ザ・ビー 京都 四条	6 8
gallery	ガラスで創る宮沢賢治の世界●大下邦弘	10
法令コーナー	建物被害調査は被災者の不安・要望に応えられているか？ ●石黒一郎	33
構造の頁	モノコック構造による15mキャンチレバー屋根 ネットトヨタ新大阪高槻店●木原隆志	34
再読 関西の建築	岡田孝男の記録した大阪の幻の茶室●桐浴邦夫	35
information	サヴィニャック パリにかけたポスターの魔法／六本木 ヒルズ・森美術館15周年記念展 カタストロフと美術の ちから展／collection 1 ゴヤ、理性のねむり “ロス・ カプリチオス” にみる奇想と創意／吉村芳生 超絶技 巧を超えて Yoshimura Yoshio：Beyond Hyper-realism	40
月間の動き	平成30年 9月	42



執務スペース



中庭夜景

フソウテクノセンター

建 築 主 株式会社フソウ
 設計・監理 清水建設関西支店 一級建築士事務所
 施 工 清水建設四国支店

フソウは、創業の地・香川県を中心に発展を続けてきた、水の総合企業である。創立70周年の節目を迎え、①市内に点在していた各部署を集約し、コミュニケーション・業務効率の向上を図る、②次世代技術の研究・開発および研修拠点を整備する、③南海大地震に備えたBCP対策を行い、自社の事業継続だけでなく、近隣住民の受け入れも想定し地域貢献に努める、以上3点を課題に定め、『見て入って楽しめ、「フソウ」がわかるオープンなオフィス』をテーマとした。

地域に開かれたオープンな社屋を実現するために、執務室・ラボ・体育館・食堂といった多用途な室を、水盤のある中庭を中心として向かい合うように配置、水の流れをイメージした曲面屋根で覆う構成とし、「別棟のような適切な距離感」と「ひとつ屋根の下にいるような一体感」を共存させることに注力した。また内部には大屋根の架構が現れ、頂部のキールトラスに沿って設けた窓から光や風が抜ける計画で、明るく心地よい大空間のオフィスとなった。さらに食堂・体育館の一般利用や、中庭で地域の夏祭りを開催するなど、地域の「憩いの場」としてオフィスを開放、災害時も近隣住民を受け入れるインフラを確保して、「地域と共に成長するオフィス」を目指している。

執務室のルーバー天井や中庭の舗装材など、各所に四国産の建材を積極的に採用した。地域で受け継がれてきた材料・産業の価値を伝える、地元に根差した企業の中核施設である。

(鳥居健一・中村 譲・南野友子／清水建設)

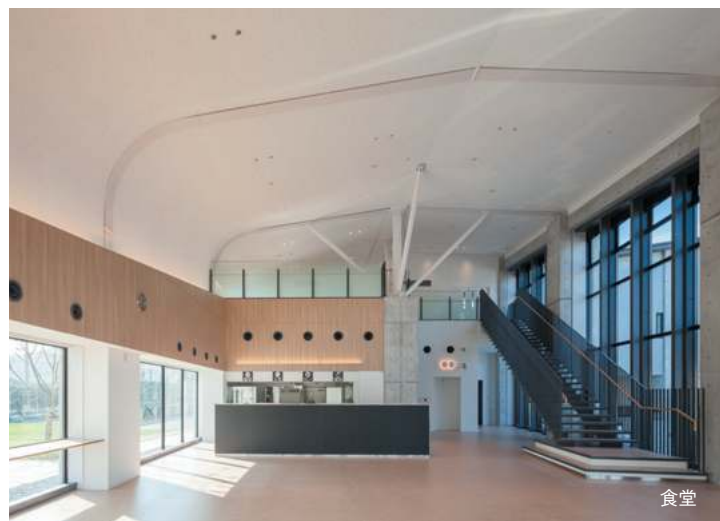
所 在 地 香川県高松市郷東町792-8
 敷地面積 13,406.41㎡
 建築面積 3,010.70㎡
 延床面積 5,250.39㎡
 構造規模 RC造（一部S造） 地上3階
 工 期 2015年12月～2016年10月
 最 寄 駅 JR予讃線 高松駅
 撮 影 吉田写真事務所／吉田誠



メインエントランス



体育館



食堂



建物全景



外観全景



ロビー



レストラン



和モダン ツイン



ザ・ビー ツイン

ザ・ビー 京都 四条

建 築 主 JR西日本不動産開発株式会社
 設計・監理 大林組大阪本店一級建築士事務所
 施 工 大林組

京都の中でも賑わいの象徴である四条通と、かつては京友禅の「友禅流し」が行われていた伝統ある堀川通。その交差点に位置するイシシ・ホテルズ・グループが運営するホテルである。

設計にあたり、外観は建物内部の用途を反映し、頂部（屋上目隠し）、中間部（客室フロア）、低層部（共用フロア）の3つの層に分けて構成し、瓦屋根、井桁格子、縦格子、市松文様、障子、漆喰塀、軒庇などの「和」のデザイン要素を、層ごとに意味を持たせて配置している。それら「和」の要素を現代の素材や工法を用いて再構成することで、周辺の街並みとの調和を意識しながら、全体としては京都らしさが感じられる外観となるよう配慮して計画した。

一方、内観はエントランスへのアプローチやロビー、エレベータホールなど共用部は、艶やかな美しさを感じられる空間デザインとし、間接照明など柔らかい光に包まれる空間をベースに、土や木、石といった自然素材を想起させるテクスチャーや色彩、京都の路地や庭園の残像、京友禅など伝統的な工芸品のアイコンの重ね合わせでアクセントを加えている。

客室は黒を基調にした外観とは対照的に、内に秘めた和の華やかさ、艶を意識して、抑えられた照度、シンプルな家具、機能的でコンパクトな水回りに加え、ナチュラルな色使いによって快適な時を過ごせる空間としている。

ホテルのコンセプトに加え、京都の趣ある美と、和の持つおもてなしの場の共演により訪れるお客様の記憶にいつまでも残るホテルになることを願っている。

(南野剛也／大林組)

所 在 地 京都市下京区四条通堀川入唐津屋町535
 敷地面積 649.31㎡
 建築面積 530.71㎡
 延床面積 4,816.61㎡
 構造規模 S造 地上10階・地下1階
 工 期 2017年5月～2018年6月
 最 寄 駅 阪急電鉄京都線 大宮駅
 撮 影 酒井文明／エスエス



外観ディテール



エントランス



アプローチ

ま
ち

建
築

ひ
と

gallery

ガラスで創る 宮沢賢治の世界

硝子作家

大下 邦弘

大下 邦弘（おおした くにひろ）

1998 武蔵工業大学工学部建築学科卒業

2004 Bild-werk Frauenau留学

2005 富山ガラス造形研究所卒業

2007 KUNII Glass Factory（主宰）

企画編集：平野耐仁（作品作風小委員会）

硝子で宮沢賢治の世界を表現し発表したいと考えていた2008年、旧東北砕石工場と出会いました。賢治が携った当時の雰囲気や未だ保存しているように感じるこの場所は、発表に適していると思いました。

旧東北砕石工場がある「石と賢治のミュージアム」に企画を持ち込み、館長の尽力も受け、没後80周年までの3年間と生誕120周年に作品展を行わせてもらう運びとなりました。

ミュージアムの作品は、童話『貝の火』より貝の火を、与願印を結んだ手と共に表現しました。坑道内の写真2点は、2016年に行った宮沢賢治生誕120周年記念作品展の時のものです。どちらも銀河鉄道の夜のイメージです。坑道の池に硝子で作ったリンドウを沈めそれをライトアップすることで石灰岩の岸壁に十字架を描きました。

坑道の奥深い所には硝子に天の川を彫り光らせた作品を置きました。坑道の暗闇でも賢治は降るような星を見上げたのではないだろうか。そう思いながら。

旧東北砕石工場は1996年に近代化遺産として登録されました。



石と賢治のミュージアム・旧東北砕石工場外観

石と賢治のミュージアムにて作品「貝の火」



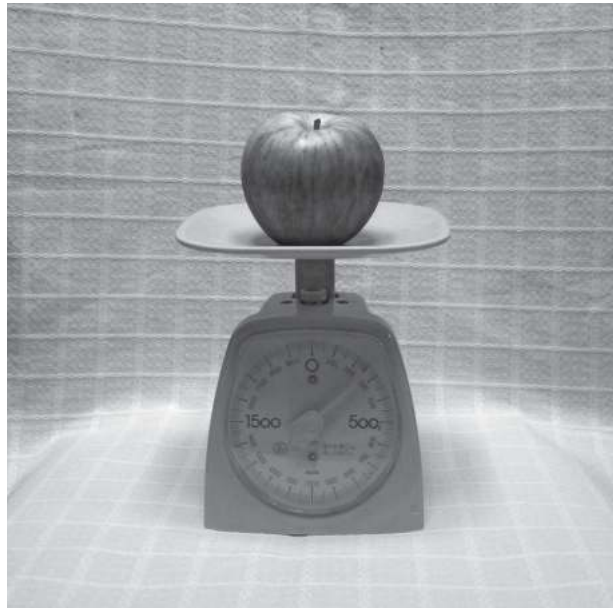
旧東北砕石工場坑道内にて宮沢賢治生誕120周年記念作品展 作品「りんどう」



旧東北砕石工場坑道内にて宮沢賢治生誕120周年記念作品展 作品「銀河」

特 集

重さと関わる



私達のように建築、特に構造に関わる人間にとって、「重さ」とは重量、荷重、質量など、正確には少し意味が異なりますが、うんざりするくらい日常的に付き合っている身近な言葉です。また、我々構造設計者は、規模・用途・機能・デザインなど建物に与えられた要求を満足するために、「重さ」を適切に評価し、「重さ」に耐える建物を生み出すことを仕事としています。

今回の特集では、この「重さ」に着目し、建築以外の世界に広げて、「重さ」と日常的に関わっている方々、あるいは挑戦している方々に対し、「重さを〇〇する」をキーワードに、「重さ」とどのように付き合っているのか、その関わり・目的などの技術論から、過去から将来への変遷、苦労話や自慢話などを、多岐の分野に渡る様々な方々に語っていただきました。
(構造分科会)

【総論】

重さを感じる

満田 隆

【各論】

- 1 質量の単位「キログラム」の新しい定義—130年ぶりの定義改定、さらばキログラム原器—
倉本直樹
- 2 宇宙のおもさを測る
身内賢太郎
- 3 重さで魅せる
佐藤 淳
- 4 Polandに火を灯せ—1000MW級火力発電所建設に関する重量物輸送業務に従事して—
渡邊 諭
- 5 軽く、逞しく—軽量化への挑戦—
圖子博昭
- 6 アルミニウムによる土木製品軽量化の事例
川畑達哉
- 7 軽量化の追求、時代の変遷
櫻井正幸
- 8 3次元浮揚免震による震災ゼロ区域「フロート・シティ」の実現に向けて
安田正志

重さを感じる

立命館大学情報理工学部 教授

満田 隆

1971年 大阪府生まれ
1993年 大阪大学基礎工学部機械工学科卒業
1998年 同大学院基礎工学研究科博士後期課程修了
ローマ大学人間生理学研究所ポスドク、立命館大学総合理工学研究機構ポスドク、岡山大学医学部助手を経て、2003年 立命館大学理工学部助教授、2004年 同情報理工学部助教授、2008年 同教授 現在に至る。博士（工学）
ロボット工学、神経生理学、認知心理学など幅広い研究に取り組む。現在は空気圧を用いたソフトメカニズム、好き嫌いの形成過程に関する研究を中心に取り組んでいる。

■重さとは何か？

「重さ」とは何かと聞かれたら、皆さんはどのように説明するだろう？物理学を学んだ読者は、重さとは地球が物体を引く力の大きさと物体の質量と重力加速度の積に等しい、と答えるかもしれない。しかし、重力加速度の大きさは地球上であれば場所による違いはさほど大きくないので、一般的に「重さ」は「質量」とほぼ同じ意味に捉えられている。「重さ」を量る器具である天秤が、古代エジプトに存在していたことからわかるように、「重さ（質量）」の概念はニュートンが現れるよりもずっと古くから存在している。「重」という漢字の起源は、土を入れた袋の形にあるそうだ。

では、あらためて「重さ（質量）」とは何だろうか？やはり物理学を学んだ読者は、質量は物体の動かしにくさを表す量で、物体を動かす際には質量と加速度の積に等しい慣性力が抵抗として生じる、と説明するだろうか。実に科学的で正しい説明であるが、物理を学んでいない人にとっては少しわかりにくいかもしれない。しかし、この説明の中の「動かしにくさ」は「重さ」の意味を的確に表している。重さには重量以外にも多くの意味がある。病が重い、パソコンの動きが重い、まぶたが重い、重い雰囲気、重い役職など、これらはいずれも「動かしにくさ」と関係している。

それでは、物理的に物体の動かしにくさに関係するのは質量だけであろうか？建物は動かないので、建築を専門とする方々は普段意識することが少ないかもしれないが、物体を回転させる場合に必要な力は物体の質量だけでなく、形状によっても変化する。物体の「回転させにくさ」を表す慣性モーメントは、物体の形状と質量分布によって定まる。たとえば、球を回転させるよりも、同じ重さの棒を振るように回転させるほうが大きな力を必要とする。このことからわかるように、物体の形状は動かしやすさに関係する。そして、物体の形状が「重さ」の知覚に影響することが実験的に確認されている。

また、「重さ」は物体の質量と形状だけでなく、それを持つ人や、持ち上げ方によっても変化する。たとえば、右利きの人が同じ物体

を右手と左手で持ったときには、右手で持ったほうが軽く感じる。また、作業を繰り返して筋肉が疲れた状態のほうが元気なときよりも重く感じる。指でつかむように持つときには、指の幅や、接触する指の数、接触面積によって感じ方が変わる。このように「重さ」には「動かしにくさ」の意味合いが含まれていることから、物体の質量とは必ずしも一致せず、後述するように他にもさまざまな要因で変化する（図1）。



図1 重さの比較。重さの感じ方は物体の質量だけでなく形状や持ち方などによって変化する

■重さの感じ方の測定方法

工学的な重量計の性能は、誤差、分解能、測定可能範囲などで示される。では、人間の重さの感じ方はどのように評価すればよいだろうか？工学的な誤差は計測値と真値の差を表す。しかし、人間の重さの知覚の場合には、そのような誤差の評価はあまり行われたい。なぜなら、物の重さを数字で正確に答えられる人など、ほとんどいないからである（図2）。

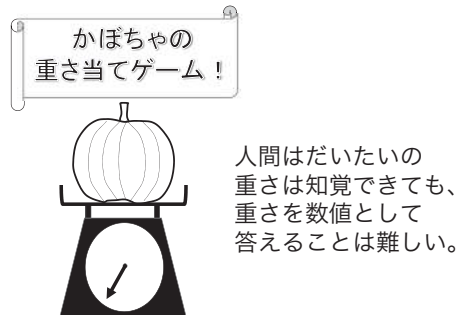


図2 重さの感覚の数値化

我々が、普段、物体の質量を厳密に数値化するのは、スーパーなどのイベントでジャンボかぼちゃの重量当てクイズに応募しようとしているときぐらいで、そのようなことは滅多にない。人間が感覚を絶対量として数値化できないのは重さに限定した問題ではなく、

光の強さや音の大きさなど他の感覚でも同じである。しかし、我々は感覚を相対的に評価することはできる。たとえば、500ccのペットボトル1本と同じくらいの重さとか、3本分ぐらいだとかの表現はできる。このため、人間の感覚量を測定する場合には相対的評価を利用した計測が行われることが多い。ここでは、そのうちの一つ、マグニチュード推定法を紹介する。

マグニチュード推定法では、まず、一つの基準となる物体の感覚量（ここでは重さ）を数字で答えてもらう。それはグラムでもポンドでも、物理単位とは全く関係のない数字でもよい。たとえばそれを100としても良い。つぎにもう一つの物体の重さを数字で答えてもらう。そして、基準となる物体に対するもう一つの物体の比率を計算する。つまり、実際はx倍の質量の物体を何倍として答えたかを調べることで感覚量を評価する。

マグニチュード推定法により計測された感覚量は実際の物理的な刺激量のべき乗に比例することが知られている。つまり、物理的な刺激量をS、感覚量をRとすると、

$$R = k S^a$$

で近似できる。ここでkは比例定数、aは刺激の種類により定まる指数である。たとえば、錘を持ち上げる場合にはa=1.45であることが報告されている。つまり、重くなるほど感覚量の変化は大きくなる。逆に点光源の輝度の場合にはa=0.5となり、明るくなるほど感覚量の変化は小さくなる。一方、長さはa=1.0で感覚量と刺激量は一致する。

このように人間の感覚量は物理量に必ずしも比例しない。この性質はスティーヴンスのべき法則と呼ばれる（図3）。

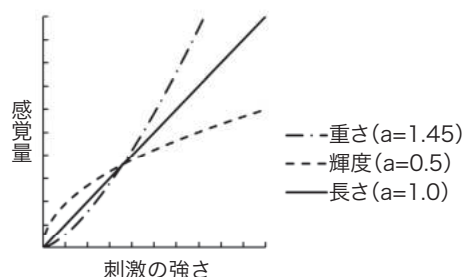


図3 スティーヴンスのべき法則。感覚量は刺激の強さに必ずしも比例しない

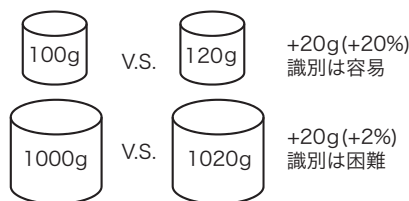
では、人間の感覚量の分解能はどのように計測できるだろうか？ 識別できる二つの刺激

の最小差異を弁別閾と呼ぶ。この人間の知覚の弁別閾は比較的簡単に計測できる。たとえば重さの場合、二つの物体を持ち比べて、どちらが重いかを答えさせる。そして、徐々に質量の差を小さくしながら試行を繰り返し、正しく回答できなくなったときの質量の差が弁別閾である（写真1）。



写真1 重量弁別実験の様子

人間の弁別閾は工学的なセンサと違って、対象の物理量の大きさによって変化する。つまり、100gと120gの差は容易に認識できても、1000gと1020gの差を認識することは難しい（図4）。



弁別閾（識別できる最小差）は刺激強度に比例し、弁別閾を刺激強度で割った値（ウェーバー比）は感覚の種類によって一定の値となる。

図4 弁別閾は刺激強度によって変化する

人間の感覚の弁別閾は物理量に比例することが知られている。基準となる物体の物理量（たとえば重さ）をSとし、識別できる物理量の最小差異（弁別閾）を ΔS とすると、

$$\text{ウェーバー比} = \Delta S / S$$

は一定となる。この性質はウェーバーの法則と呼ばれる。ウェーバー比が小さいほど、より小さな違いを検出できることになる。この性質は広いダイナミックレンジの刺激を扱うために生体が獲得したと考えられる。

■どのように重さを感じるか

二つのりんごを左右の手に一つずつ持って、どちらが重いかを調べることを想定してもら

いたい。このとき、皆さんはどのように重さを調べるだろうか？ 手のひらにりんごを載せると、りんごは皮膚を圧迫し、皮膚内部に埋め込まれたパチニ小体などの各種受容器を興奮させ、圧力情報が脳に伝わる。また、りんごの重量によって下がろうとする手を支えるために、上腕二頭筋などの腕の筋肉が収縮し、肘を曲げ、手を上げようとする力が生じる。この力情報は筋肉や腱に埋め込まれた受容器を介して脳に伝わる。皮膚や筋肉に埋め込まれたこれらの受容器が工学的な力センサであると考えれば、なるべくノイズが入らないよう手はじっと動かさずにおいたほうが良いはずである。しかし、多くの人は手を上下に動かして、りんごの重さを感じようとするのではないだろうか？

実は、手をじっとさせて重さを感じるときと、手を能動的に動かして重さを感じるときとは、後者のほうが前述したウェーバー比は小さくなることが実験的に示されている。つまり、手を動かしたほうが小さな重さの違いを感知できる。手を機械に固定して、人と同じように手を動かした場合にはウェーバー比は小さくならないので、りんごの慣性力によって手に加わる圧力が増して、見かけの感度が増したことが原因ではない（図5）。

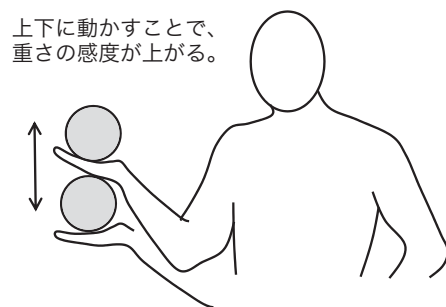


図5 能動的に手を動かして重さを感じる

腕を動かしたときには、各種の受容器から脳に送られる神経活動（求心性の情報）とは別に、筋肉を収縮させるための神経活動（遠心性の情報）が脳で生じる。神経活動の伝達速度は電気信号に比べてはるかに遅いので、運動により生じた結果を受容器から得て、それにより運動を変化させるには時間がかかる。このため、我々は遠心性の情報により常に身体の状態をイメージしており、身体動作に積極的に利用されていることが知られている。

先の結果は、遠心性の情報が重さの弁別に関与していることを示している。

■重さの感じ方に生じる錯覚

前述したように、人間の重さの感じ方は、物体の質量以外の多くの要因によって影響を受ける。中でも有名なのがシャルパンティエ効果としても知られる大きさー重さ錯覚である。シャルパンティエは同じ質量で異なる大きさの二つの球の重さを比べさせると、より小さい球がより重く感じられることを示した(図6)。

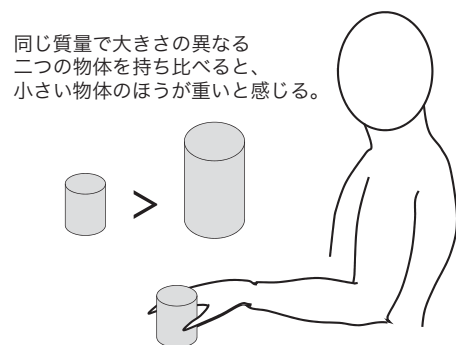


図6 大きさー重さ錯覚

この現象は、1981年にシャルパンティエによって報告されて以降、今も研究が続けられ、その原因としてさまざまな説が提唱されている。その一つに、期待と実際との違いを原因とする説がある。

通常、人は大きな物体のほうが重いと推測する。そのため、二つの物体を持ち比べるとき、大きな物体のほうが重いと期待する。しかし、実際に持ってみて期待ほど重くないと、期待との違いを軽いと誤認識し錯覚が生じるとの説である。似たような現象は、物体の大きさ以外にも、物体表面の色や模様でも確認されている。人は同じ質量で同じ形状だが表面が異なる二つの物体を持って比較したとき、表面の密度が高い(たとえば真鍮のような)物体のほうが密度の低い(たとえば木



質量、形状が同じでも材質感や温度が違うと重さの感じ方が変わる。

図7 物体の見た目や温度は重さに影響する

材のような)物体よりも軽いと感じ、暗い色のほうが明るい色のものよりも軽いと感じる(図7)。

大きさー重さ錯覚は物体を隠して見えない状態で行った場合にも生じ、見た目だけでなく、触ることによって知覚された物体の大きさも重さの感覚に影響することが報告されている。

事前知識が重さの感覚に影響を与えることを直接的に示した例としてゴルフボール錯覚がある。見た目は似ているが熟練ゴルファーであれば見分けられる通常7gの練習用ボールと45gの普通のゴルフボールがある。この二つのゴルフボールを加工して同じ質量にし、持って重さを比べさせた。その結果、練習用ボールが軽いことを知っているゴルファーは、練習用ボールが普通のボールよりも重いと感じ、練習用ボールの知識がなくゴルフをしない人は二つのボールを同じ重さであると感じた。このように、重さの感覚は対象に関する事前知識の影響を受けて変化する。

また、重さの感じ方は、対象物体の温度によっても変化する。冷たい物体は同じ重さであってもより重く感じられることが知られている。この現象はウェーバー現象と呼ばれている。

■重さを感じさせる

さて、これまで人間の重さの感じ方について話を進めてきたが、ここからは人間に重さを感じさせる方法について述べる。また、筆者が開発した新しい手法を紹介する。

近年、バーチャルリアリティが注目を浴びている。コンピュータやスマートフォンの高性能化と安価なヘッドマウントディスプレイの出現により、手軽に3次元映像が楽しめるようになった。バーチャルリアリティは、映画やゲームだけでなく、機械や建物などの設計や、各種の訓練シミュレータとして利用されつつある。現在使用されるバーチャルリアリティの多くでは視覚的な知覚だけが得られるが、物を触ったり、動かしたりする際の力覚を得ることができれば、より現実感が増すだろう。バーチャルリアリティ用の力覚提示装置として、現在は図8に示すようなロボットアームを用いた装置が市販されている。

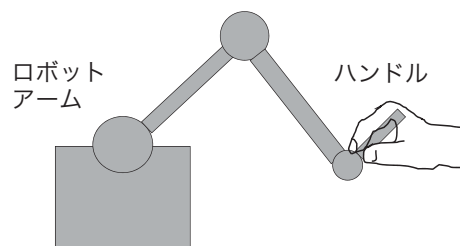


図8 ロボットアームを用いた力覚提示装置

本装置は、物理シミュレーションにより計算した手にかかる力を、ロボットアームで操作者の手に直接作用させて力覚を提示する。物を持ったときの重量感も、そのときに手にかかる力を操作者に与えることで提示することができる。

しかし、この方法では、大きな力を提示するには大きなロボットが必要となり、安全面で不安が生じる問題があった。また、大きなロボットでは設置面積も広がってしまう。これに対して筆者は、操作者の手に力を作用させるのではなく、操作者の手の動きを阻害し、その抵抗力によって力覚を提示する装置を開発した(写真2)。手の動きの阻害は、空気圧によって剛性を変化させられる可変剛性要素を用いて行った。



写真2 可変剛性要素を用いた身体装着型の力覚提示装置

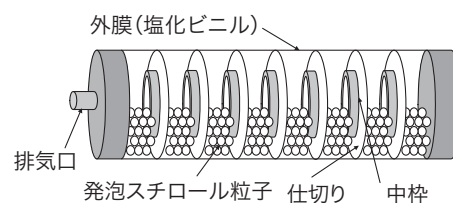


図9 粒子ジャミングを用いた可変剛性要素

図9は本装置に用いた可変剛性要素の構造を示す。この要素は、発泡スチロール粒子を塩化ビニル製の袋に内蔵した構造で、内部が大気圧であるときには柔軟である。内部の空気を排出すると大気圧によって粒子が凝集し、袋はその形状を保ったまま固化する。このとき、要素の剛性は内部真空圧に比例する。この現象は粒子ジャミングと呼ばれ、近年はさまざまな形状の物体をつかむロボットハンドにも応用されている。この要素を操作者の腕に沿って取り付け、要素の真空圧を変化させることで、手の動きの抵抗力をリアルタイムに制御し、物を押した感覚や、水をかいだ感覚を提示することに成功した。

これにより安全に大きな力を提示できるようになったが、本装置では原理的に抵抗力しか発生できないので、手を静止させたときに加わる力、たとえば手を動かさずに物体を持ったときの重量感を提示することができない問題があった。装置の安全性や小型軽量性を維持しつつ、この問題を解決する方法を考えている中で、筆者は偶然、前腕の手首に近い部分を圧迫すると手が重くなる感覚が生じることを発見した（写真3）。



写真3 前腕の手首に近い部分を圧迫することで手が重くなったと感ずる

前述したように物体を持ったときの重さの感覚は、手のひらや指にかかる圧力、筋肉に加わる力、筋肉を収縮させようとする力（脳から筋肉への指令）などで知覚される（図10）。物体を手のひらに載せて保持する場合には、上腕（肘から上の胴体に近い部分）に存在する筋肉が肘を曲げる力を発生させて、手が下がらないようにする。また、物体を上下に動かして重さを感じる場合は、上腕の筋肉の伸縮により肘関節を回転させて手を動かす。このため、上腕の筋肉が物体の重さの知覚に強く関わると考えられる。

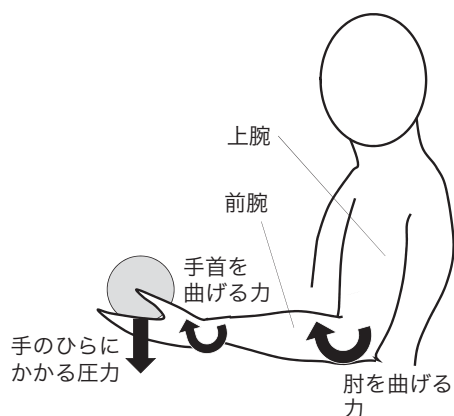


図10 手のひらに載せた物体の重さの知覚に係る力

しかし、前腕（肘より下の手に近い部分）の圧迫は上腕の筋肉に直接、物理的に作用することはない。そこで、この錯覚は手首を曲げる前腕の筋肉が圧迫により状態変化したことが原因ではないかと考えた。しかし、手首を固定して、手首に力がかからないようにした場合でも前腕を圧迫すると重量感が生じた。したがって前腕の筋収縮が錯覚の原因ではないと考えられた。つぎに、筋電図で腕の筋活動を計測すると、前腕の圧迫により上腕の筋活動が増加することが確認された。つまり、原理は不明であるが、前腕の圧迫が上腕の筋活動を増し、重量感を生じさせていることが確認できた。また、この現象は脚でも生じ、下腿（膝から足首までの部位）を圧迫すると足が持ち上がりにくくなる感覚が得られることがわかった。

未だ重量感が生じる原因は明らかにできておらず、重量感を感ぜさせるのに適した圧迫方法も分かっていない。また、残念なことにすべての人にこの錯覚が生じるわけではない。前腕圧迫による重量感は、バーチャルリアリティ環境において仮想物体を持ち上げる動作に同期させて圧迫を行ったときに強く生じ、手を静止させている状態で圧迫を行っても、腕が圧迫される感覚しか得られない。前述したように重さの感じ方には、身体の受容器や脳から筋肉への指令値のみならず、事前知識に関連した認知も関わっている。したがって、この錯覚には高次の認知機能も関連していると考えられる。

■ おわりに

本稿で説明した人間が重さを感じるメカニズムやその特性は、多くの研究者による研究成果をまとめたものである。しかし、これらの研究はほとんどの場合、片手で持ち上げることができる程度の重さの物体を用いた実験しか行っていないことに注意する必要がある。つまり、重さとしては数百g程度までを対象としていて、それを超える重量の物体では重さの感じ方が異なる可能性がある。ましてや、建物やその構成物である鉄骨などの重さは対象外で、そもそも一般の人が建物に「重さ」を感じることは少ないだろう。しかし、「重さ」が「動かしにくさ」を反映したものであるとすれば、日常的に建設に携わっている人は、建物を見て、その重さを感じているのかもしれない。たとえば曳家職人は、家の質量だけでなく、曳家の難易度によってその建物の「重さ」を感じているのではなかろうか？ 普段、柱を扱っている鳶職は、コンクリート袋よりも同じ質量の柱を軽く感じ、左官工はその逆であるかもしれない。また、筋力を増強するウェアラブルスーツが普及し、誰もが鉄骨を簡単に動かせる未来がきたとしたら、そのとき人は鉄を重いとは思わなくなるかもしれない。

「重さ」の感覚は時代とともに変化していくのだろうか。人間の感覚は奥深く面白い。

（みつだ たかし）

参考文献

- (1) 東山篤規「体と手がつくる知覚世界」、勁草書房、2012年
- (2) Irving B. Weiner監修「Handbook of Psychology, Experimental Psychology」、Wiley、2004年
- (3) 岩村吉晃「タッチ」、医学書院、2001年
- (4) 満田隆、久下幸子、若林将人、川村貞夫、粒子内蔵型機械拘束要素の開発と身体装着型力覚呈示装置への応用。計測自動制御学会論文集、Vol.37、No.12、pp.1134-1139、2001。
- (5) Takashi Mitsuda. Pseudo force display that applies pressure to the forearms. PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments, Vol.22、No.3、191-201、2013。
- (6) 満田隆、芳谷博雄、下腿遠位部圧迫による重量感の提示。日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.18、No.3、pp.415-420、2013。

重さを定義する

各論 1

質量の単位 「キログラム」の 新しい定義 —130年ぶりの定義改定、 さらばキログラム原器—

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
工学計測標準研究部門
質量標準研究グループ長

倉本直樹

長野県木曽高等学校、佐賀大学を経て、1998年 佐賀大学大学院 工学系研究科 博士後期課程 エネルギー物質科学専攻終了（理学博士）。1995年から1998年まで日本学術振興会 特別研究員（DC1）。1998年より東京農工大学 ペンチャービジネ斯拉ボラトリー研究員。1999年 通商産業省 工業技術院 計量研究所入所。中央省庁再編にかかる組織改編を経て現職。130年ぶりとなるキログラムの定義改定を導いたシリコン単結晶球体体積測定用レーザー干渉計を開発。

E-mail: n.kuramoto@aist.go.jp

■はじめに

人類は昔から様々な物の質量を正確に測定するところを続けてきた。測定の基準となるのが単位であり、現在、私達は世界共通の質量の単位として「キログラム（kg）」を用いている。例えば、「体重が50 kg」とは、体重が1 kgの50倍であることを表し、世界中の人々と質量測定の結果を共有できる。1 kgが具体的にどのくらいの質量であるかが現在のキログラムの定義だが、より普遍的な質量の基準を実現するために、科学技術の発展とともにキログラムの定義は進化し続けている。

本稿ではまず、現在のキログラムの定義がどのように導かれたかを紹介する。さらに、2019年5月に予定されている、「プランク定数」（物理学者マックス・プランクが導入した物理定数。電子の質量と密接に関連している。）に基づく新たな定義への改定についても解説する。

■キログラムの定義の変遷

キログラムの起源は18世紀末のフランスにさかのぼる。フランス革命のさなか、化学者アントワヌ・ラボアジェらによって水の密度が測定され、水1リットルの質量としてキログラムは定義された。ただし、実際の測定での利便性から、上記の定義に合わせた白金製の分銅「確定キログラム原器」が製作され、基準として用いられた。

その後、質量が確定キログラム原器とほぼ等しく、白金よりも硬くて摩耗に強い白金イリジウム合金で分銅が製作された。これが国際キログラム原器であり、1889年に開催された第1回国際度量衡総会（メートル条約の最高議決機関）で、その質量としてキログラムが定義された。

国際キログラム原器はパリ郊外の国際度量衡局で厳重に保管され、同じ材質で作られたその複製が、メートル条約加盟国に各国の原器として配布されている。日本にも1889年に原器が配布され、現在は産業技術総合研究所計量標準総合センター（産総研）で、質量の国家標準として管理されている（写真1）。

国際キログラム原器と同時期に長さの単位「メートル」を定義するための国際メートル原器も製作されたが、その後の科学技術の進歩



写真1 日本国キログラム原器

によって、1960年にその役目を終えている。現在では、普遍的な物理定数である真空中の光の速さによってメートルは定義され、適切な技術さえあれば、定義に基づき長さの標準を誰でも作りだすことができる。

一方、キログラムは依然として約130年前に製作された国際キログラム原器によって定義されている。ただし、表面汚染などの影響によって国際キログラム原器の質量の長期安定性は約50 μg（マイクログラム）と推定されている（1 μgは100万分の1 g）。これは1 kgに対して相対的に 5×10^{-8} （1億分の5）のわずかな変動幅であるが、近年の計測技術の進展においては無視し得ない大きさとなりつつある。

そこで、約200ある普遍的な物理定数のいずれかを 5×10^{-8} を凌ぐ精度で決定し、その値を基準としてキログラムの定義を改定する試みに、世界各国の研究所が取り組んできた¹⁾。その結果、2011年に開催された第24回国際度量衡総会で、将来、国際キログラム原器を廃止し、普遍的な物理定数であるプランク定数を基準とする定義に移行する方針が決議された。ただし、この時点ではプランク定数が十分な精度で求められておらず、複数の異なる方法を用いて 5×10^{-8} を凌ぐ精度でプランク定数を測定し、新たな定義の基準となる値を定める必要があった。

■プランク定数精密測定

プランク定数は量子論における最も重要な物理定数の一つであり、電子の質量と関連づけられる。このため、現行の1 kgをプランク定数によって表現することができる。

プランク定数は二通りの方法で測定できる¹⁾。一つは、キップルバランス法（分銅に作用する重力と釣り合う電磁力の大きさを電圧と電

気抵抗の測定から求める方法) と呼ばれ、もう一方は、X線結晶密度法である。産総研では、X線結晶密度法を用いたプランク定数の精密測定を実施した。この方法では、シリコン単結晶の密度、モル質量（1 molあたりの質量）、格子定数から、アボガドロ定数（物質1 molに含まれる原子や分子の数）を求める。プランク定数とアボガドロ定数の間には厳密な関係式が成り立ち、アボガドロ定数の測定値からプランク定数を算出できる¹⁾。

自然界のシリコンには3種類の安定同位体（原子番号は一緒でも、質量数が異なる原子：²⁸Si、²⁹Si、³⁰Si）が存在するので、モル質量を求めるためには同位体の存在比を測定する必要がある。これがボトルネックとなりプランク定数の測定精度は 3×10^{-7} （1億分の30）が限界であった。そこで、アボガドロ定数を高精度に決定するための国際研究協力「アボガドロ国際プロジェクト」に参画し、²⁸Siだけを99.99%まで濃縮した²⁸Si単結晶を製作した。密度測定には²⁸Si単結晶から研磨された二つの球体を用いた（写真2）。球体の質量と直径はそれぞれ約1 kgと約94 mmであり、その質量と体積を精密に測定し、密度を決定した。体積測定には産総研が独自に開発したレーザー干渉計を用いた（写真3）¹⁾。約2000方位から球体の直径を0.6 nm（1 nmは10億分の1 m）の精度で測定し、平均直径から 2×10^{-8} の精



写真2 ²⁸Si単結晶球体

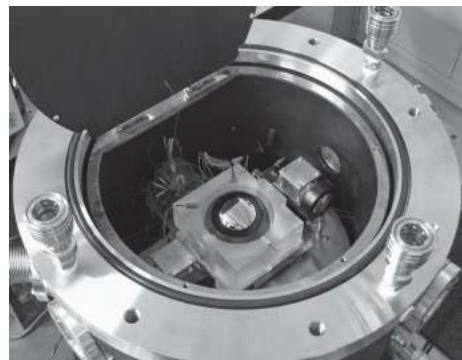


写真3 ²⁸Si単結晶球体の形状をサブナノメートルの精度で測定するレーザー干渉計

度で体積を決定した。球体の質量は、日本国キログラム原器と比較して測定した。

測定した球体の密度を、アボガドロ国際プロジェクトによって過去に測定されている格子定数とモル質量と組み合わせて、 2.4×10^{-8} （1億分の2.4）の世界最高レベルの精度でプランク定数を決定した²⁾。この精度は、1 kgに換算すると24 μgであり、国際キログラム原器の質量安定性である50 μgを凌ぐ。

■キログラムの新たな基準の決定

図1に、2017年7月1日までに世界各国の研究機関によって測定されたプランク定数を示す。NMIJ-2017が、前節で紹介した産総研が独立に測定した値である。この値はアボガドロ国際プロジェクトの測定値（IAC-2011、IAC-2015、IAC-2017）と良く一致した。また、米国標準技術研究所（NIST）、カナダ国立研究機構（NRC）、フランス国立計量研究所（LNE）がキップルバランス法によって測定した値（NIST-2011、NIST-2015、NRC-2017、LNE-2017）とも良く一致した。2017年10月、科学技術データ委員会（CODATA）は、上記の8つの高精度な測定値に基づき次のプランク定数 h の調整値（CODATA 2017）を報告した³⁾。

$$h = 6.626\,070\,150\,(69) \times 10^{-34} \text{ J s}$$

括弧内の数値は最後の桁の不確かさを表す。

CODATA 2017の精度は 1.0×10^{-8} （1億分の1）である。この精度は、1 kgに換算すると10 μgであり、国際キログラム原器の質量安定性である50 μgを大きく凌ぐ。2018年11月に開催される第26回国際度量衡総会では、この調整値の不確かさをゼロとする定義値を基準とする新たな定義への移行が審議される。

■新たな定義実現への我が国の貢献

CODATA 2017の決定に採用された8つのデータのうち、産総研は4つの値の測定に貢献し、またそのうちの一つは産総研で独立に測定したものである。科学技術分野の根底を支える単位のほとんどは、その多くが欧米を中心にこれまで構築されてきた。欧米以外の国が、世界共通の単位の改定に決定的な役割を果たすのは、長い度量衡の歴史の中でも今回が初めてである。従って、産総研による130年ぶりとなるキログラムの定義改定への貢献は、正に歴史的な成果と言える。

■定義改定のスケジュール

第26回国際度量衡総会においてプランク定数を基準とする新たな定義への移行が決議された場合、2019年5月20日の世界計量記念日から新たな定義が施行される予定である。

新たな定義に移行することで、適切な技術さえあれば誰でもプランク定数を基準として様々な質量範囲の標準を作り出すことができる。産総研では、定義が改定される見通し踏まえて、現時点では測定が困難なナノグラム（10億分の1グラム）やピコグラム（1兆分の1グラム）領域の微小な質量を、直接プランク定数を基準にして測定する技術の開発をすでに開始している。

（くらもと なおき）

[参考文献]

- 1) 倉本直樹ら、基礎物理定数に基づく新しいキログラムとモルの定義、ぶんせき、229-236（2015）
- 2) N. Kuramoto *et al.*, Determination of the Avogadro constant by the XRCd method using a ²⁸Si-enriched sphere, *Metrologia*, **54**, 716-729（2017）
- 3) D. B. Newell *et al.*, The CODATA 2017 values of h , e , k , and N_A for the revision of the SI, *Metrologia*, **55**, L13-L16（2018）

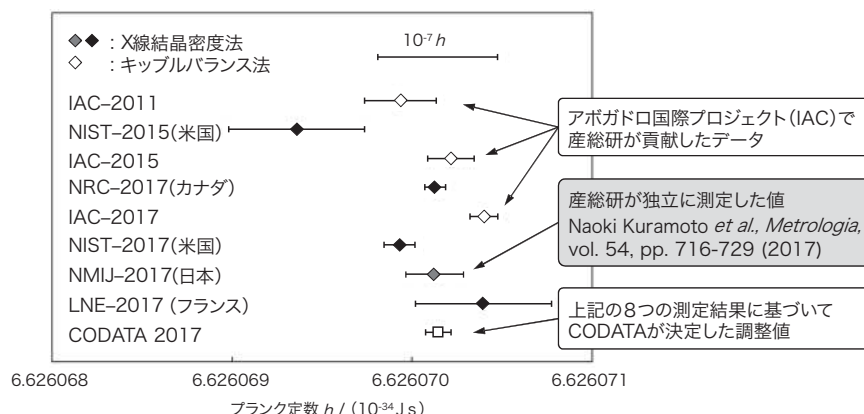


図1 新たなキログラムの基準となるプランク定数の値の決定に貢献した測定値

各論 2

身内賢太郎

昭和49年10月19日生まれ。
武蔵高校、東京大学を経て平成14年3月東京大学大学院理学系研究科修了。博士（理学）。平成14年4月より京都大学大学院理学研究科にて、日本学術振興会特別研究員（PD）、助手、助教。平成23年10月より現職。

■はじめに：3恒河沙kg

約30000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000
000000000000000000000000000000kg。現在知られて
いる宇宙の全質量だ。より正確に言うと、宇
宙全体のうちで、星などの我々の知っている
通常物質の質量である。紙面節約のために、
指数表示（0の数をもとめて 10^n の様に表示する
表記法）をお許しただけでば 3×10^{52} kgとな
じんこうさき
る。「塵劫記」注1)によると 10^{52} 恒河沙こうがしや注2)
と命名されているようなので、宇宙の中の通
常物質は3恒河沙kgということになるのだろ
うか。億やら兆やらといったなじみある表記
と比較して、恒河沙と言われても全くピンと
こないが、語源はガンジス川の砂の数と聞く
と何やら身近に感じてしまうのは面白い。

本稿では、宇宙の様々な構成要素---地球、太陽、銀河、銀河団、宇宙全体の質量　ダークマター（暗黒物質）さらにはダークエネルギー（暗黒エネルギー）---の重さに関する話題を紹介したい。

筆者は実験的な物理研究を専門としており、未知の物質、「暗黒物質」の正体を直接あばいてやろうという夢にあふれる研究に明け暮れている。

■地球の質量： $6 \times 10^{24} \text{kg}$

まずは我々にとって一番身近な天体、地球の質量から考えてみよう。地球の質量測定の決め手になったのは、図 1 に示す様な約 150kg と約 1 kg の鉛の玉を使った測定だった。

地球の質量を知るためには、我々が地上で地球から受ける重力を使う。「万有引力の法則」は質量のわかっている2つの物質の間に働く力の大きさを導く法則なので、力の大きさ(重力加速度)、質量、地球の半径に加えて、「万有引力定数」を知ることによって地球の質量を計算できるというわけだ。1798年にキャベンディッシュというイギリスの物理学者によって、万有引力が測定された(論文自体の結論は地球の密度を求めるというものだったが、後に万有引力定数及び地球の質量に焼き直されている)。図中の大きい球とそのそばの小さい球の間に働く力を回転ばねばかりによって測定した。この測定によって見積もられた地球の質量は、1%の精度であるという

から驚きだ。

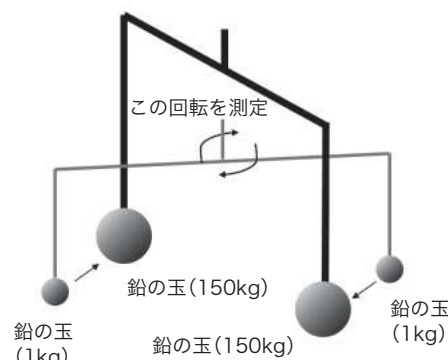


図1 地球の質量を求めるための実験
(Cavendish, H. (1798) を参考に筆者作図)

■太陽の質量： $2 \times 10^{30} \text{kg}$

地球の次に我々に身近な存在の太陽。この質量も万有引力の法則から知ることができる。円運動において、中心にある物質の質量が大きければ大きいほど回転速度が速くなる。この関係を用いて、地球の公転周期と公転半径から太陽の質量が求まるというわけだ。こうした方法で、太陽の質量は地球の約30万倍、 $2 \times 10^{30} \text{kg}$ と知ることができる。以降、太陽質量 (solar mass : $M_{\odot}$) を基準として天体の質量を表すことにする。

ちなみにこれだけの質量を持つと、空間さえもゆがませてしまう。太陽近傍のゆがんだ空間のせいで、皆既日食の時に背後にあるはずの星が見えるという現象が観測される。「重力レンズ効果」として知られるこうした現象は、円運動の観測と並んで宇宙での質量測定にしばしば登場する。

■銀河の質量： $10^{11} M_{\odot}$

我々の住む太陽系は、天の川銀河と呼ばれる銀河の、ディスクと呼ばれる渦巻きの部分に存在する。銀河の質量は、星の数を数えるという、これまでよりも原始的な方法で求める。夜空の「天の川」は銀河のディスクの部分を横から眺めた姿で、ここに多くの星が存在する。いて座の方向は銀河中心方向で、さらに多くの星が存在している。これらを数え上げると、銀河には約1000億個の星が存在することが分かる。したがって、銀河の質量は太陽質量の 10^{11} 倍。もちろん諸々の微修正は加わるが基本的には数を数えるという方法で銀河中の星の総量が推定できる。

さて、見える星を数えることで銀河中の星

の質量を知ることができた。これをふまえて、銀河のディスク部分の円運動の回転速度を観測してみたところ、図2の様な結果が得られた。先述の通り、銀河中心には多くの星が集中しているため、銀河の回転速度は外側に行くにつれて遅くなることが期待された（図2の実線）。これに対して、図2の「観測値」に示すとおり、銀河の外側でも回転速度が変わらないという結果が得られた。様々な説明が試みられたが、現在もっとも有力だと考えられているのが、「暗黒物質」という謎の物質が銀河全体をすっぽりとおおっているという説である。この暗黒物質は銀河の回転曲線をうまく説明してくれるのだが、これまでに我々の知っているどんな物質を持ってきても説明ができない。暗黒物質の正体解明は我々物理の研究者に課せられた大きな課題である。

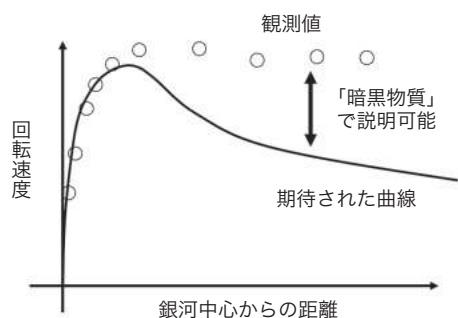


図2 うずまき銀河の回転曲線。横軸が銀河の中心からの距離、縦軸に速度を示す。

■銀河団の質量： $10^{15}M_{\odot}$

数百から数千の銀河が集まって宇宙で最大の天体構造「銀河団」が形成される。銀河団内での銀河団については、銀河を数えることで星などの質量、X線観測によってプラズマ状態の通常物質、さらに重力レンズによって暗黒物質を含む全ての物質の質量を得ることで、その全貌が知られている。

■宇宙の質量： $20 \times 3 \times 10^{52} \text{kg}$

地球から旅立ち、少しずつ大きなスケールへと旅してきた我々は、ついに宇宙全体を見渡す時が来た。図3が我々の宇宙の組成比である。冒頭に述べた、通常物質、 $3 \times 10^{52} \text{kg}$ はここでは「通常物質」と表現され、宇宙全体の5%程度でしかないことが分かっている。宇宙全体を考えるとその20倍になるわけだ。銀河や銀河団の項で述べた暗黒物質（Dark Matter）が通常物質の約5倍、

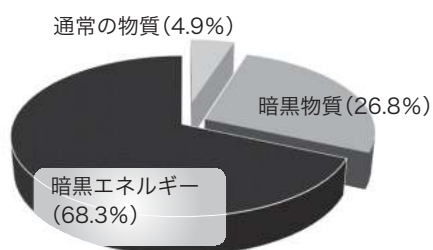


図3 現在知られている宇宙の組成

暗黒エネルギーと呼ばれる未知のエネルギー（Dark Energy）がさらにその約3倍程度を占めていることが分かっている。

暗黒物質についてはこれまでに述べた通り、銀河や銀河団をつなぎとめている万有引力の源として働いていることが知られている。一方、宇宙全体を議論するに至って初めて登場した暗黒エネルギーはその逆、斥力の源として考えられている。遠方の天体の観測により、宇宙は加速膨張していることが分かった。この加速の元となるエネルギーを暗黒エネルギーと名付けたもので、暗黒物質と同様に正体は全く分かっていない。

宇宙の組成を知ることができた重要な観測に「宇宙マイクロ波背景放射」というものがある。10万分の1くらいの揺らぎが見えるように描かれている。これらのマイクロ波は我々が見ることのできるもっとも遠い宇宙から到達しており、宇宙の誕生直後の様子が分かる。このわずかな揺らぎが、本稿で見てきた星、銀河、銀河団などが形成されるもとになっているのである。宇宙の「おもしろさ」のもとはこの揺らぎだと言ってもいいかもしれない。

■暗黒物質の正体に迫る

銀河全体で通常物質の5倍以上存在し、今この瞬間にも我々の体を通過している暗黒物質。その正体解明に向けて世界中で様々な取り組みが行われている。現在著者が行っている実験は「直接探索実験」と呼ばれる手法である。暗黒物質と通常物質はごくまれに反応する可能性があると考えられている。そこで、粒子線検出器と呼ばれる装置を製作、なるべく暗黒物質以外の粒子線が来ないところで暗黒物質を待つというのが直接探索実験の手法だ。

地上では、宇宙から手のひらに毎秒1ケの宇宙線と呼ばれる粒子が飛来、その他にも多

くの粒子線が飛び交っている。これらのうちで、宇宙から飛来する成分を1万分の1以下に低減するために、地下に潜って実験を行う。

こうした工夫を凝らして、数トンの液体キセノンを用いた検出器や、ヨウ化ナトリウム結晶を用いた実験、ゲルマニウム半導体を極低温まで冷やした装置など、世界中で様々な手法による暗黒物質探索が行われている。

写真1は、筆者が研究代表を務めるNEWAGE実験の装置である。現在、岐阜県神岡の地下実験室にて稼働中で、その特徴は、他の多くの実験が行うように単に暗黒物質の反応した数のみを捉えるだけでなく、反応した原子核の方向まで捉えることができるという点にある。こうした手法で暗黒物質を検出できれば、暗黒物質の銀河に対する運動の解明など、暗黒物質の研究に「新時代」を拓くことができると考え、装置の開発を進めている。将来大型の装置へとグレードアップ、暗黒物質の正体を解明することを目指して開発を推進している。



写真1 暗黒物質直接探索するための装置「NEWAGE-0.3b」筆者撮影

■おわりに

おもしろさ、質量、エネルギーを切り口に宇宙全体を俯瞰してみた。次回は暗黒物質発見!!!というさらにエキサイティングな内容で寄稿できるよう、これまで以上に実験に精進しようという気合を入れなおしながら筆をおきたい。

(みうち けんたろう)

注1) 江戸初期の数学書吉田光由（みつよし）の著。「塵劫」は仏教のことばで、計り知れないほどの長年月であることをいう。「塵劫記」は長年月たっても変わらない真理の書という意味を込めており、大きな数の計算、数学遊戯などを掲載している。

注2) 恒河（ガンジス川）にある砂の数。数のきわめて多いたとえ。

重さを見せる

各論 3

重さで魅せる

佐藤淳構造設計事務所アドバイザー、
東京大学准教授

佐藤 淳

1970年愛知県生まれ。1995年東京大学大学院修了。1995年～1999年木村俊彦構造設計事務所。2000年佐藤淳構造設計事務所設立。2010年～東京大学AGC寄付講座特任准教授。2014年～同大学新領域創成科学研究科准教授。2016年～スタンフォード大学客員教授

■力の流れ

我々建築分野では、「力」は「流れる」と習う。重力も地震力も、部材を伝って地盤へと流れ、地盤の反力と釣り合う。それが機械などの分野では少々イメージが違うようで、FEM（有限要素法）などで計算された応力が各所に「分布」している、というイメージで見ているという。建築には「力は流れる」という概念があるんだそうですね、と尋ねられたことがあり、誇らしく感じたのを思い出す。

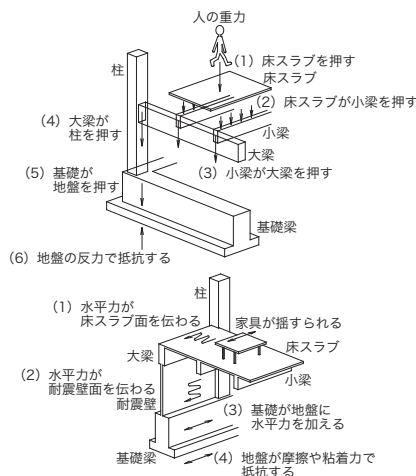


図1 力は流れる

屋根の重さも、ヒトの重さも、下へ下へと流れてゆく。力がうまく流れている様子が見えると設計がうまく整っているように見えて安心感がある。一方で、この流れが途切れたように見せられると、不思議な浮遊感や透明感が生まれる（図1）。

空間に「透明感」を出したいとき、少ない柱で支えるよりも、数多くしてでも「か細い」

柱で支えるほうが効果的という手法がある。これは重さがどこへ流れているか認識しにくくなっているおかげで生まれる不思議な感覚なのかもしれない。「東京ガス千住見学サイト Ei-WALK」（写真1）では、たった10m四方の屋根を100本の柱で支えてみた。果たして柱は48mmという細さとなりながら、純ラーメン構造として地震力も負担できている。

どんどん材の数を増やすと「直島パビリオン」（写真2）のような透明感ある多面体も生まれる。これはさらに、何が「重さ」を支えているのか曖昧に見えるのではないかなと思う。

■浮遊する建築

かつて建築家の石上純也さんと、東京都現代美術館での展示作品の案を練っていたとき、小舟が海に浮いているのは手で「チョン」と押すだけで「スウッ」と動いてしまうけれど、巨大なタンカーが浮いているのを「ガンッ」と押してもびくともしないですよね、と言いだした。20m四方の空間いっぱいぐらいの巨大な箱形のボリュームを空中に浮かせられなにかという。そうして生まれたのが「四角いふうせん／Balloon」（写真3）だった。

ヘリウムは空気よりも軽く1m³で1kgfの重量を浮かせることができる。3000m³ぐらいのボリュームもこの空間に入れられるから3tfまで浮かせられる。水の中の物体に浮力が働く原理は単純（図2）。ただしこれが中空で内圧と釣り合うとなると少々複雑になる（図3）。



写真1 東京ガス千住見学サイト Ei-WALK（建築家：伊東豊雄）の鉄骨建方状況



写真2 直島パビリオン（建築家：藤本壮介）



写真3 四角いふうせん／Balloon（建築家：石上純也）



写真4 内部のアルミニウム製トラス

浮力=水圧の合力=同じ体積の水の重量

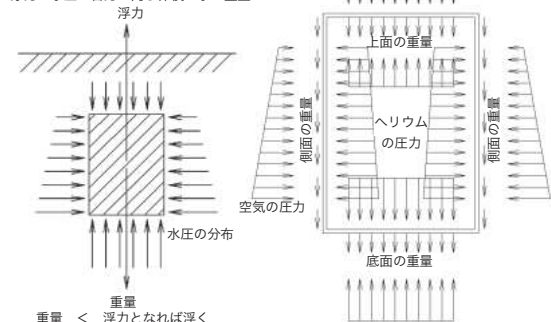


図2 水の中で浮力が働く様子

図3 ヘリウムの圧力と空気の圧力によって浮力が発生する様子



写真5 三郷市ピラシティ交流センター (建築家: 西倉 潔)



写真6 軽量コンクリート製の薄型PCスラブ

しかもこれを、重量制限のもとに設計しなければならない。球形や楕円形ならまだ、表面積が小さく内圧に耐えやすい。普段、人工衛星や飛行船を扱っている(株)AESの人に聞いたら、四角いものを浮かせた例は知らないと話していた。ヘリウムが高価なこともあって、最終形は、14m×11m×7mで1000m³の大きさになり、アルミニウムのトラスを内部に仕込み(写真4)、(株)AESが気象観測の気球用に開発していた最薄+最軽量のフィルムを内側に張りつかせ、なんとか総重量を0.91tfすることができ、浮遊に成功となった。

中が空洞のこの箱は、知らない人が見たら重そうに見えるのか、軽そうに見えるのかと想像するのも楽しくなる。そしてこれは、横にどれだけ広げても成立する。つまり、ヘリウムで「浮遊」するデプス14mの「人工地盤」は作れるということになる。少しデプスを大きくすれば余分の重量も載せられるから、軽い平屋なら建てられるなど夢が広がる。

こういうときはやはりアルミニウムなんだと比強度に優れていることを再認識させられた。ガラスとアルミには不思議な類似点がある。ガラスの比重は2.5、アルミは2.7。ガラスのヤング率は7.6tf/cm²、アルミは7.0tf/cm²。見た目は全く違うのに、重さと硬さがそっくり。これを利用すると、ガラスで何かを作りたいときに、まずはアルミニウムで作ってみると感触をつかむことができる。

■土に浮く建築

「浮き基礎」という手法がある。「三郷市ピラシティ交流センター」(写真5)は、土の上に浮いている。水田を埋め立てて間もない超軟弱地盤のこの地域は、地表面が日々沈下し続けていた。水に物体が浮くとき、押しの

けた水の重量ぶんの浮力を受けると解釈できる。それならば、建物が、押しのけた土の重量より軽ければ、土に浮かせることができる。地面が日々沈下していても、その地面と同じだけ沈下するだけなので地面との相対的なレベル関係は変わらない。

比重1.4の土に基礎を1.6m埋め込むと、押しのける土の重量は2.2tf/m²となるのでこれだけの浮力が得られる。これに粘着力が少しあるので2.8tf/m²と算出された。そこでこれより軽い建物を目指す。鉄骨造で軽い屋根にすると、3tf/m²程度には難なく軽量化できる。でもこの「あとわずか」を稼ぐのに四苦八苦する。基礎のスラブを軽量コンクリート製で11cmという薄いPCスラブにして(写真6)、基礎から周辺へ帽子のツバのようにスラブを突き出して接地面積を稼ぎ、最終的には2.57tf/m²に抑えることができた。

■重い塊

「重い」ものを作ろうとすることは、そうあることではない。この「レストランノエル」(写真7)は、土を凹凸に掘削し、コンクリートを流し込む。コンクリートが硬化したら、その下にある土を取り除く。するとコンクリートの洞窟のような空間が現れる。合板型枠では作れないほど急な曲率の曲面を形成することができる。

このコンクリートは、上に広がる漏斗状なので上部のボリュームがかなり大きく、やたらと重い。一方、足元は点で着地する。床スラブを作れば接地圧は分散されるものの、幸いこの場所が地表面近くで20tf/m²以上採れる強い地盤だったこともあって設計できた形態だった。ボリュームがあるので、重いのを補って余りある強度を確保できる。鉄筋はコ

ンクリート表面近くに割れ止めのように設けるだけで足りている。



写真7 レストランノエルの掘削+配筋風景 (建設中, 建築家: 石上純也)

■超軽量を目指す

私の大学でのスタジオ「建築構造デザインスタジオ」で「ねぶた構造」(写真8)を試みた。全長12mで、人が載ることもできる。青森の「ねぶた」のように、3mmの針金で形状を作り、和紙で覆う。防水は亜麻仁油でコーティングする。非常に軽量で、壊れるときは「ムニュ」と壊れる、壊れても中にいる人が死なない構造を目指した。いずれ本格的な建物に应用できること、さらには、軽量で脆性的でない構造は月面基地や火星基地にも相応しいのではないかと思い巡らせる。



写真8 ねぶた構造 (東京大学, 建築構造デザインスタジオ)

「世界最薄最軽量」の「和紙」と「布」が日本で作られている。「ひだか和紙」と「天女の羽衣」。いまこれを使って大きな構築物を作ってみようとしている。(さとう じゅん)

重さを運ぶ

各論 4

Polandに火を灯せ

—1000MW級火力発電所 建設に関する重量物 輸送業務に従事して—

株式会社 日立物流 技師
(日立物流 欧州 ドイツ支店 勤務)

渡 邊 論

昭和61年6月8日生まれ。
静岡学園高校、芝浦工業大学を経て平成21
年4月日立物流入社。平成26年12月 ESA
Poland (日立物流子会社)。平成29年4月よ
り現職。

■はじめに

2018年6月28日未明、日本中が歓喜と落胆の入り混じった不思議な空気に包まれた時、ある国の名が日本人の記憶に鮮烈に刻み込まれた。World Cupロシア大会グループH、最終戦。日本はグループ最強と謳われていたポーランドに0-1で敗戦した一方で決勝トーナメント進出を決めた。

この歴史的一戦の3年前、2015年7月11日、その日筆者はポーランドにいた。発電所の心臓部である約450tonの発電機固定子が日本から1万kmの長旅を終えた日であった。

■東欧の眠れる獅子「ポーランド」

正式名称ポーランド共和国。北にバルト海を臨み、西はドイツ、南はチェコ/スロバキア、東はベラルーシ/リトアニア/ウクライナ、北東にはロシア領カリーニングラードに接する人口約3850万人(2017年現在)の国である。

国土面積は日本から四国を除いた面積とほぼ同じとなっている。国民性はウォッカとサッカーをこよなく愛し、筆者の主観だが、真面目で人見知りだが非常に親切。街で困っていると必ず誰かが声を掛けてくれる暖かさがある。

歴史的にドイツやロシアから侵攻され、開発が遅れているイメージだが、1989年の民主化以降、西欧に追いつけ追い越せの勢いで近年成長著しい東欧の雄である。その発展の礎となっているのが、世界有数の埋蔵量を誇る「石炭」である。

■ポーランドの石炭と日本の技術

ポーランドの石炭は、「褐炭」と呼ばれ品質が悪い。不純物を多く含み発熱量が低く、一般的に発電・工業用には向いていない。効率的に発電するために褐炭を高温で燃焼させる必要があるが、それには高い技術が求められる。

そこで白羽の矢が立ったのが日本である。今回紹介するKozienice(コジェニツェ)火力発電所11号機(写真1)は、三菱日立パワーシステムズ(株)(以下「MHPS」という。)が、2012年から日本の企業として初めてポーランド国内で手掛けた褐炭を燃料とする火力プラントである。しかもその出力は原子力発電所並みの発電量を実現するという、まさに日本の技術力の結晶と言える発電所だ。

Kozienice発電所の立地は、日本の発電所とは違い海岸線に面していない。ポーランドの首都Warsawから南方に約80kmに位置し、港からは500km以上離れた内陸の発電所である。「世界最大の石炭火力発電所建設」の裏でひっそりと「弊社として初めての国での輸送」、「発電所がポーランドの内陸に立地」、「主要機器が超重量品」、という輸送屋泣かせ3点セットが揃った「重い」挑戦があった。



写真1 Kozienice火力発電所完成写真

■重いを運ぶ

「重いものを運ぶ」と聞いたとき、皆さんはどんな手段を思い浮かべるだろうか。船、飛行機、鉄道、トレーラ etc...。それぞれの輸送方法にはそれぞれの長所・短所がある(表1)。

輸送方法	特徴
船	重いものを運ぶといったらコレ。海上、河川どちらもあり港から港までの輸送となる
飛行機	サイズ、重量に制限はあるが100ton程度であれば可能。最速だが費用は高い。空港から空港までの輸送に限る。
鉄道	鉄道レールが繋がっている場合、100tonを超える超重量物を陸送するのに有効な手段。サイズに厳格な規定があり、また一般旅客、他貨物列車への影響を最小限にすべく、関係省庁と鉄道会社との長期に及ぶ折衝が必要。
トレーラ	目的地への最終的な輸送手段。重量物を積載した場合、積載高さや橋梁や道路などの構造物に与える荷重の影響を考慮する必要がある。また道路管理者からの輸送許可の取得が必要

表1 各輸送方法とその特徴

難題①：初めての国での輸送

本件では、日本調達品(日本から船で輸入される製品)のポーランド国内輸送方法の検討を実輸送の2年前の2013年から開始している。

まず大前提として西欧で非常にポピュラーな河川を利用した輸送は、本プロジェクトでは行わないこととした。理由は、ポーランドでは河川輸送をするためのインフラ(水門や貯水池)の整備が西欧諸国に比べ格段に遅れ

ており、水量を安定的に調整することができず、輸送時間を計算することができないためである。つまり水位が降水量に依存するため水位が足りない場合、降雨を待って数カ月以上船が立ち往生し、発電所の建設工程へ影響を与えるリスクが大きかった。なんとか河川輸送をするため過去数年分の河川の水位データを分析し、確実に運べる時期を模索したが、季節毎の規則性が見出せず、遅延リスクを払しょくすることができなかった。

難題②：内陸立地

河川輸送の可能性を絶たれた我々には500km以上の内陸輸送を鉄道とトレーラを併用する案しか残されていなかった。しかし重量物を陸送する距離として、島国である日本では考えられない距離であり、茨の道を意味していた（500kmは東京から大阪までと同等）。500kmもあると様々な障害物がある。細い道、狭い住宅街、高さの低い上空障害、古い橋、桁間のスパンの長い橋…道路管理者から輸送許可を得るため、輸送実現の可能性のあるルートを論理的に説明・提案する必要があった。

我々は現地の道路状況を把握するためポーランド北部の港エリアであるGdynia/Gdanskから発電所建設予定地までの5ルート以上を実走し、その問題点、可能性を徹底的に洗い出した。5日間の経路調査が終わる頃、レンタカーの走行距離は3000kmを超えていた。

輸送経路調査の結果を基に、我々はMHPSと輸送機器の寸法・重量に関する議論を始めた。結論は製品重量100tonまではトレーラ輸送、分割しても100tonを超えてしまうものは鉄道輸送となった。ただし鉄道輸送を行う場合は、ポーランド国内の寸法制限枠内に収まるよう形状を変更していただくことになった。

重量物輸送の基本的なコンセプトは、車両の自重+製品重量を車輪の数を増やすことで分散させ、橋梁や道路などの構造物への影響を抑えることである。

トレーラの場合は、車両が長くなると交差点やカーブを曲がれない、建物などと接触してしまい、車輪数を増やすのにも限界があるので、超重量物を長距離輸送するには不向きである。

鉄道輸送のメリットは重量物を積んだ際、車輪の数を増やして全長が長くなっても輸送が可能ということである。

難題③：巨大な発電所／巨大な機器

世界最大級の石炭火力発電所はその機器一つ一つも前例に無いほど巨大である。その中でも最重量品（約450ton）の発電機固定子は鉄道で運んだ。今回使用した貨車の最大積載能力は500tonであり、積載後の全長は70mを超える欧州最大の機材である。欧州マーケットにはわずか2台しか存在しない。

弊社として300tonを超える発電機固定子や変圧器を鉄道で運んだ実績は過去に複数回ある。ただし、今回は貨車の荷台の上に製品を積むという、通常の方式では積載高さが寸法限界枠を超えてしまい、鉄道での輸送は不可能であった。そこで我々はシュナーベルと言う機構を有した貨車に目を付けた。発電機固定子の前後に専用アタッチメントを取り付け、貨車と製品を直接ピンで繋ぎ止める手法を取った。この機構によって、高さを極限まで低減することができた（写真2）。



写真2 輸送用アタッチメント取り付け作業

我々は輸送を実現するため、建設現場内の引込み線路レイアウト設計から参画した。発電所は限られたエリアに効率的に建物、製品が配置される。ともすれば線路などの設備は残されたスペースを縫うように設計されるため、事前に長大な貨車が通行するスペースを確保しておく必要があった。我々は貨車の走行軌跡のシミュレーションを何度も繰り返し行った。

さらに貨車と製品を繋ぐアタッチメントの設計にも顧客と共に携わった。発電機固定子は日本製、アタッチメントはドイツ製。取り付けはポーランドの港で6日間掛けて行われた。連結ピンが挿入され、製品と貨車が連結した瞬間、関係者はポーランド人、日本人関係なく、自然と握手をしていた。

発電機固定子は港を出発後10日間掛けて鉄道許可指定のルート（約740km）を走り切り、2015年7月11日、無事顧客への引き渡し

が完了した。

■想いを運ぶ

「重い」と「想い」。実にベタな言葉遊びだがこの仕事をしていると否が応にも意識することである。

顧客の想いは「良い発電所を作る」に尽きる。そのためには出来る限り製品は分割せず、大きいまま運び、発電所での建設工数を減らすことが効果的である。なぜなら作業品質は製造現場である工場の方が建設現場よりも格段に上だからだ。製品の重量が重ければ重いほど、顧客の想いは強いということになる。だが、製品が大きすぎると製品は発電所まで届かず、想いは遂げられない。その二つのジレンマに対する最適解を提供するのが輸送屋の使命であると考えている。

我々は既存のインフラを利用して輸送をアレンジするのが仕事だ。だから物理的に運べないものは運べない。だが、なぜできないか、どうすればできるようになるかを顧客に説明する義務が我々にはある。そのための労力は惜しまないし、一人では決して成しえないプロジェクトをチームワークで完遂させたときの達成感は何物にも代えがたい。



写真3 シュナーベルと発電所

■おわりに

Kozieniceでの業務が完了した後、筆者はドイツへ移った。そこで引き続き欧州の重量物輸送に従事している。Kozieniceで培った経験・人脈はかけがえのないものであり、筆者の誇りである。

World Cupのポーランド戦が終わった後、苦楽を共にしたポーランド人の同僚から一通のメールが届いた。「次は東京オリンピックと一緒に観に行こう。」我々の挑戦はまだ終わらない。（わたなべ さとる）

重さを減らす

各論 5

軽く、逞しく —軽量化への挑戦—

帝人株式会社
炭素繊維事業本部 技術生産部門
技術開発部 炭素繊維技術開発課

圖子博昭

1977年岡山県新見市生まれ。東京都葛飾区で育つ。航空工業高等専門学校機械工学科卒、東京工業大学工学部機械宇宙学科卒を経て、2006年東京大学大学院工学系研究科にて学位を取得。同年東邦テナックス株式会社に入社。生産技術部、技術企画部にて主に炭素繊維に関わる仕事を担当。11年に東京大学出向。17年に新構造材料技術研究組合出向。18年会社統合により原籍が帝人株式会社となり現在に至る。

■はじめに

人工物の軽量化というのは技術的にみて正しい。私は、航専生の時に生まれてはじめて炭素繊維複合材料を身近で知覚し、その軽さと強さに驚いた。世の中のあらゆるものが軽量化できるはずだ、と直感的に思考したあの感触を未だに忘れていない。軽量化とは重量を軽減すること。人類は重力に抗って生きているが、重量とはこの重力によってもたらされている。重力が地球上どこでも一定だとすると、人工物の質量に比例する。質量 M という物理の基本単位まで遡れば、私たちは重量がもたらす振る舞いについて鋭く思考できる。

■質量が小さくなること

質量が小さくなると、高層建築物の位置エネルギーが小さくなるため、地震や突風のような不意の入力があつたときに圧壊などの不安定破壊が起こりにくい。河川に架かる橋梁では、固有振動数が大きくなり自然現象で発生する共振や自励振動の影響を受けにくく振幅が安易に増幅されないのが、振動崩壊が起こりにくい。回転体では、回転させるエネルギーが小さくて済み容易に高速回転が可能な（設計上の危険速度が大きくとれる）ことや、ぶれなどが起きにくいため疲労のような動的入力に対する耐久性が増すことで部品寿命を延ばせる。移動体では、しばしばドライビング性能（はしる・まがる・とまる）が向上する。内燃機関を使うものであれば、軽量化やそれに伴うパワートレインの小型化で燃費（km/L）の改善が望める。EVやハイブリッド車では、バッテリーの重量エネルギー密度（LIBで約200Wh/kg）の向上も重要だが、同じ重量においてはたくさんのバッテリーを積めるようになるので、電費（km/kWh）が一定でも航続距離が伸びる。航空機の電動化も進んでいるのでなおさらである。

このように質量が小さくなることは良い効果ばかりだが、唯一の難点として思いつくのが、弱さである。飲料用の紙パックは直方体を形成してなお軽い、簡単に握り潰すことができる。このような日常的な経験が軽いことと弱いことをリンクさせる。これには剛性も関係している。いま手のひらサイズの紙飛行機を折る。紙1枚ほどの翼を作り空へと放

つ。すると紙飛行機はきちんと風をつかみ飛ぶことを私たちは経験的に知っている。しかし同時に柔いことも知っていて、着陸に失敗するとノーズが簡単にへし折れたり、翼が曲がったりする。流体力学的には大丈夫でも、元々変形に抗えない構造になっているのである。では、同じサイズの鉄飛行機を作ったらどうだろうか。紙に比べて剛いが果たして飛ぶだろうか。重たくてすぐに墜落してしまいそうである。慣性で放物線は描けても、風はつかめそうにない。

■質量と剛性

材料がどれだけ変形に抗うかの指標として剛性を用いる。一般的な剛性は、材料定数のヤング係数 E と断面二次モーメント I とを掛けた値 EI で表される。一方、同じ材料定数に密度 ρ がある。次元は、 ML^{-3} である。ここで、同じ断面形状、同じ体積という条件下であれば、 ρ と E の関係は質量と剛性の関係と同義とみなせる。図1に様々な材料について、 ρ と E の関係を示す。鉄鋼や非鉄金属は、両者がほぼ比例関係にあることが分かる。つまり重い材料ほど、剛性が高い。一方、複合材料ははじめ軽量素材は、この直線から大きく外れてプロットされる。このギャップが軽量化能力というべき値である。この図から炭素繊維複合材料が優れることは明らかであるし、それには特に、強化材である炭素繊維の軽量化能力が高いことが寄与している。

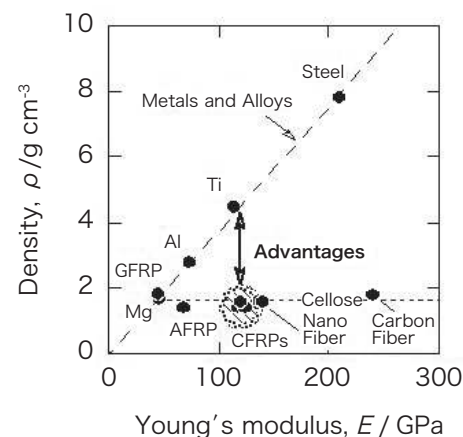


図1 材料密度とヤング係数の関係

■ 構造効率

ρ と E という2パラメータを上手に1つのパラメータで整理したものの代表に構造効率 $\sqrt[3]{E/\rho}$ がある。構造効率はいわば比剛性の関数であり、代表的な材料について表1に示す。

現在、一番構造効率が高い材料は、紙や木である。しかし紙は水に弱く、木は燃えやすく腐りやすいということで、工学発展の初期にこそ活躍した材料ではあるが、今では限定的に利用されている。むしろ、その多くがプラスチックに代替されてきた歴史がある。

その次に構造効率が高い材料は、やはり炭素繊維複合材料であり、航空機などハイテク部材用としての利用が盛んなのは、この構造効率が高いことが理由のひとつに挙げられる。

材 料 名	ヤング係数 E (MN/m ²)	比重 ρ	$\frac{E}{\rho}$	$\sqrt[3]{\frac{E}{\rho}}$	$\frac{\sqrt[3]{E}}{\rho}$
鋼	210,000	7.8	27,000	59	7.7
チタニウム	120,000	4.5	27,000	77	11.0
アルミニウム	73,000	2.8	26,000	99	15.0
マグネシウム	42,000	1.7	25,000	120	20.5
ガラス	73,000	2.4	30,000	114	17.5
れんが	21,000	3.0	7,000	48	9.0
コンクリート	15,000	2.5	6,000	49	10.0
炭素繊維複合材	200,000	2.0	100,000	225	29.0
木材 (スプルース)	14,000	0.5	28,000	240	48.0

表1 材料の構造効率^[1]

■ 航空機への適用の歴史

機体構造の軽量化は、航空機にとって永遠の挑戦である。先進複合材料ACM (Advanced Composite Materials) の開発の歴史は、航空機の軽量化の歴史と重なる。今では軽量かつ高性能な材料として認知され、ACMなくしては機体構造が成立しない。構造効率が低い木や布から始まった飛行機の機体は、機体の大型化に伴いアルミニウム合金に代わり、その一部にガラス繊維強化プラスチックが使用された。1960年代から、高い比強度・比剛性を有する炭素繊維が次々に工業化され^[2]、70年代頃になると日本カーボンや東レ、東邦レーヨンが相まってPAN系炭素繊維の高性能グレードを上市し、炭素繊維と熱硬化性樹脂を組み合わせたCFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) の機体構造への適用検討が加速した。CFRPは2元系の材料であり、破壊経路が複雑なことに加え、炭素繊維はぜい性材料なので、絶対的な構造信頼性の追求がなされた。すなわち、常に構造として

の強靱さが要求された。開発の方向は自ずとCFRPの強靱化に進み、最新鋭の機体では機体重量に占めるCFRP適用の比率が50%超に達するなど発展が目覚ましい。構造効率が低い材料を追求し、挑戦した結果と言えよう。

■ 環境負荷低減への挑戦

炭素繊維複合材料は、低炭素社会の形成へ向けた取り組みにおいても軽量素材として活用されている。中でも、低環境負荷を目指したハイサイクル成形やリサイクル利用を目的に、炭素繊維と熱可塑性樹脂を組み合わせた、CFRTP (Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics) が環境対策技術として注目され、開発が盛んだ。複合材料としての重量は同じくらいだが、熱可塑性樹脂特有の高靱性や耐衝撃性に優れる。熱可塑性樹脂は汎用からスーパーエンブラまで幅広く存在するので、通常使用と低温・高温利用での長期耐熱性など特性に応じたCFRTPの使い分けを行えば、柔軟に材料要求に応えられる。

近年、逞しい材料に進化しつつある炭素繊維複合材料は、強度や剛性といった機械的性能はもとより環境性能にも逞しさが求められている。

■ 軽量化への飽くなき挑戦

ドローンの延長線上に空飛ぶ車がある。確実にさらなる軽量化を強いられよう。軽量素材を突き詰めていくと、表1から、構造効率が優れる「木材・紙」で作ればよい、というところに行き着く。そして、環境性能に逞しく環境負荷低減に有効な対策技術という流れの中で、グリーン材料であるセルロースナノファイバー (CNF) を用いた複合材料の研究が盛んだ。紙の原料であるパルプからCNFを作り、プラスチックの強化材として使う野心的な研究である。CNFを5wt.%も混ぜればプラスチックの性能が向上するとのことで、自動車のボンネットルーフ、トランクリッド／ロア等がCNF複合材料だけで成形された。この構造体は、スキン／コアサンドイッチ構造をとることでさらなる軽量化を実現している。

航空機や船体への適用の歴史の中で、一世を風靡した構造体が、FRPハニカムコアサン

ドイッチパネル構造である (図2)。軽量かつ高剛性を両立できるため、極めて有効な軽量化技術であった。さらなる軽量化のためハニカム材にはアルミニウムや紙が多用された。

CNFにおいても、100%CNF複合材料でハニカムサンドイッチパネル材を採用した。さらに、より複雑な形状には、発泡フォームコア材ということで、発泡成形によりこれを実現した。炭素繊維の密度が1.8g/cm³なのに対し、CNFが1.6g/cm³なので理論的にはCFRPよりも軽く作ることができる。しかし、パルプ由来であるのでCNFの弾性率は約140GPaと低く、炭素繊維のおよそ半分しかない^[4]ため構造効率の点で劣り、剛性設計によっては重量増となることが予想できる。

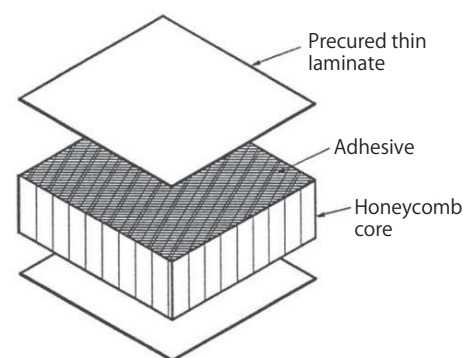


図2 サンドイッチパネル構造^[3]

最近、サンドイッチパネル構造の進化形として、FiberCore社が開発したInfraCore®技術や工法^[5]について興味があり考える機会が多い。耐荷重の向上や損傷後のスキン／コアのはく離を構造的に補う。欧州では橋梁や閘門など多くの巨大構造物を軽量化した実績がある。更なる適用拡大・発展が期待される。

■ おわりに

人工物の重さを減らすことについて述べた。大型から小型まで広範囲に適用されている話まで書けたので、普段考えている源泉を示せたと思う。炭素繊維に出会って25年。軽量化技術の切り札として今後も共に歩みたい。

(ずし ひろあき)

<参考文献等>

- [1] J.E. ゴードン (著), 石川 (訳), 構造の世界, (1991)
- [2] 奥田健介, 炭素繊維と複合材料, (1988)
- [3] Michael. C. Y. Niu, COMPOSITE AIRFRAME STRUCTURES 3rd. Ed., (2010)
- [4] 日経ものづくり 2018年9月号
- [5] InfraCore Company Web site, <http://www.infracore-company.com/en/>

重さを減らす

各論 6

アルミニウムによる 土木製品軽量化の 事例

一般社団法人 日本アルミニウム協会
部長

川畑達哉

昭和57年早稲田大学商学部卒、同年4月日本軽金属株式会社入社。主にビル用建材等を担当、平成23年4月より現職。

■はじめに

アルミニウムは、1886年に電解製錬法が発明され、工業生産が開始されてから130年ほどの新しい金属である。本邦のアルミニウム製品生産量は年間400万トンを超え、鉄に次ぐ金属材料となっている。その特徴としては、軽量（鋼の約1/3）、耐食性が良い、低温に強い、押出加工による複雑な断面形状が可能、外観が美麗などで、自動車、鉄道車両、飲料缶、建築等に広く使用されている。

土木分野では、1961年6月に本邦初の全溶接アルミニウム橋梁として、兵庫県芦屋市と有馬温泉を結ぶ芦屋一有馬間有料道路に架橋された橋長20.6mの「金慶橋（きんけいばし）」（写真1）を嚆矢とする。本橋にアルミニウムが用いられた主な理由は、有馬地区の地盤が軟弱なため橋体重量を軽減する必要があったためである。本橋は、アルミニウムが構造用強度材として使用された貴重な事例として、公益社団法人土木学会により平成29年度選奨土木遺産に認定されている。



写真1 「金慶橋」当協会撮影（竣工後57年経過しても良好な表面状態を維持している）

その後、土木分野でも施工あるいは運搬の際の軽量性を評価されてアルミニウムが使用される事例が増加している。本稿ではその中でも「緊急仮設橋用床版」、「拡幅床版・コンパクトブリッジ」、「水門・陸閘（りくこう）」を紹介する。

■緊急仮設橋用床版

紀伊半島の国道42号田辺一新宮間の河口付近には、標高10m以下で津波被害の可能性のある橋梁が22橋ある。そのうち、8橋には、72時間以内に架設が可能な緊急仮設橋が必要である。対策のため、国土交通省近畿地方整備局は、「緊急仮設橋検討会」を平成24年に発

足させ、同検討会には当協会も委員を派遣した。

緊急仮設橋が必要とされる8橋の長さは、25m以下3橋、25－35m4橋、55－60m1橋であるため、委員会では、30m級オールアルミニウム合金製仮設橋と60m級鋼橋が検討され、結果として平成25年度末に鋼構造の60m級仮設橋（写真2）が発注された。



写真2 「緊急仮設橋」当協会撮影（橋長60mを7ブロックに分割して保管・運搬）

床版形式は、鋼製覆工板、アルミニウム合金製床版、FRP（繊維強化プラスチック）床版のうち、軽量で主桁への負担が軽減できるアルミニウム合金製床版が選定された。アルミニウム合金製床版は、当協会土木製品開発委員会会員会社が製作し、納入した。

アルミニウム合金製床版（写真3）の総重量は30.5t、鋼製覆工板の想定総重量は67.2tであり、鋼製と比較して50%以上の軽量化を実現している。



写真3 「緊急仮設橋床版」当協会撮影（床版は200mm×160mmのアルミ押出材を連結）

大災害時に人命を救助するには、72時間（3日間）以内というのが目安といわれているが本緊急仮設橋では、48時間（2日間）以内に架設可能であり、大災害時の救命・救援に有用と考えられる。災害の多発に伴い、緊急輸送路の必要性は増大しており、運搬・急速施工が重要な仮設橋にアルミニウム床版の採用が増えることが予想される。

■歩道拡幅床版・コンパクトブリッジ

近年、通学時の児童・生徒の道路安全確保が重要な課題とされている。国土交通省と各地方公共団体では、通学路での事故防止のため、積極的に歩道と車道の分離を進めている。

道路の歩車分離を進める際に問題となる例として、歩道が分離されていない道路橋の存在がある。橋梁の掛替という選択肢があるが、既存橋梁の撤去と橋梁新設には、長い期間と費用が必要となるため、既存橋への歩道添架が選択される事例が増えている。添架に伴う拡幅工法は、既存ストックの有効活用、工期の短縮やコスト削減を図ることができ、新たに橋台・橋脚などの下部工の新設が必要とされない。その際、鋼床版および鉄筋コンクリート床版と比較して既存橋の補強が最小限となる軽量のアルミニウム合金製床版は優位となる。

拡幅部の桁長77m、全幅2.5m、有効幅員2.0mの例（写真4）では、アルミニウム合金製床版は15t、鋼床版と鉄筋コンクリート床版の想定重量はそれぞれ33t、91tとなった。



写真4 「すさみ大橋（和歌山県）」当協会会員会社撮影（主桁側面より鋼製ブラケットを持ち出し、その上にアルミニウム合金製床版を設置）

生活道路、通学路等で歩道が確保されていない小型の橋梁には、側道に全アルミニウム合金製の「コンパクトブリッジ」と称する歩道橋を施工することが可能である。既存の橋台にブラケットを設置し、アルミニウム合金製床版を添架する工法となる。支間10m程度、歩道幅員2m程度の歩道拡幅に用いられる事例が多い。

コンパクトブリッジは、工場で高欄の設置と舗装敷設まで行い、トラックで現地へ搬送

し、クレーンで吊り上げ、ブラケットに設置する（写真5）。基本的には、護岸の改変がないため、河川法上の手続きも必要としない。



写真5 「コンパクトブリッジ吊上げ施工状況」当協会会員会社撮影（クレーンで吊り上げブラケットに設置、即日通行可能）

写真6の施工例では、総重量がブラケット・舗装を含め3.2t、施工日数は、アンカー施工とブラケット設置に2日、コンパクトブリッジ施工に1日の合計3日で完了している。本施工例で下部工を新設し、鋼製独立側道橋とした場合の想定では、総重量が8.0t、施工日数は下部工の新設を含め62日となっている。



写真6 「半助橋（神奈川県）」当協会会員会社撮影（幅員2.7m・長さ11.4m、橋台ブラケットに床版を締結）

■水門・陸閘

周囲を海で囲まれている日本では沿岸域は絶えず高潮、津波の危険にさらされている。特に人口、産業などは沿岸域に集中しており自然災害に対する防御が求められている。高潮・津波の危険のある地域では、防潮堤、防波堤、堰堤など連続した壁で水の進入を阻止している。船舶、自動車などの通行のために

この壁の一部を開ける必要があり、ここに水門・陸閘などを設置する。水路に設置されるものを水門、通路に使用されるものを陸閘（りくこう）（写真7）と称している。この施設の開閉の出来る扉により常時は通行可能とし、高潮・津波時には閉鎖する。この水門・陸閘形式には、ローラゲート、横引きゲート、フラップゲートなど種々がある。

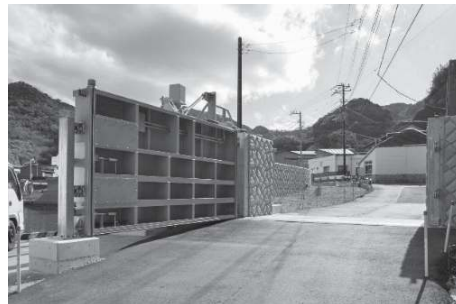


写真7 「妻良漁港陸閘（静岡県）」当協会会員会社撮影（片開ヒンジ式ゲート、高潮・津波時には閉鎖）

アルミニウム合金製水門・陸閘は、軽量なことから、開閉装置をコンパクトにでき、短時間での開閉が可能、かつ扉体の地震時慣性力も小さく、堤体等土木構造物の水門扉定着部への負荷が小さいという特徴がある。特に、このような利点から東日本大震災後の水門・陸閘などの改修や新設にアルミニウム合金が多く採用されてきている。東日本大震災以降2016年までの推定で約400基のアルミニウム合金製水門・陸閘が建設されてきた。今後高潮・津波の発生が懸念される地域でもアルミニウム合金の水門・陸閘等への採用がさらに増加すると考えられる。

■おわりに

土木分野において、アルミニウムは、鋼・コンクリートと比較して使用開始時期が遅く、主要な材料と認識されているとはいえない。しかし、軽量であることによる施工日数の短縮、高耐食性によるライフサイクルコストの低減などにより社会資本整備に多大の貢献が可能である。アルミニウムの事業者団体である当協会としては、土木分野でもこのような特徴をもつアルミニウム製品の普及促進に今後も注力したい。

（かわばた たつや）

重さを減らす

各論 7

軽量化の追求、 時代の変遷

旭ビルウォール株式会社 代表取締役

櫻井正幸

昭和35年6月7日生まれ。
千葉大学大学院工学研究科を経て昭和60年
4月旭硝子株式会社入社。中央研究所から技
術営業、設計、工場、施工管理を経験し、平
成2年2月より旭硝子ビルウォール株式会
社に出向。株式譲渡による社名変更を経て、
平成26年1月より現職。

■はじめに

「重さを減らす」ことをテーマに寄稿させていただく事になった。振り返れば、結果として、卒業以来ずっとこのテーマに携わって来た気がする。重さを減らす事は、元々構造も好きであった私には当たり前の事であったが、現実的には建設業界では「コストの壁」は高かった。「性能が良ければ使われるはず」と、思っていたのは、学生の妄想であった。

建築を志して40年程になる。センスの無さから早々に意匠を諦め、構造に興味を持ったが、私は恩師の人間的な魅力に惹かれて構造材料研究室を選択した。結局、コンクリートの解析から縁あってGRC（耐アルカリ性硝子繊維補強セメント成形板）の設計施工を担い、顧客のニーズに応え（叱られながら）現在に至っている。

GRCは、高価ではあるが高付加価値の建材であり、当初は「夢の建材」、「錆びない鉄」と言う方もいた。残念ながら、「高強度・高意匠の夢の建材」は、日本の特殊な気候（高温高湿、低温低湿）に馴染む調合が開発されるまで導入から10年を要していた。品質が認められても、建材が市場にて認知されるには、およそ10年かかるもので、価値や可能性を施主・設計・元請にとPRに奔走した。

その道中で、適材適所を検討するために、繊維補強建材の繊維（硝子、カーボン、ビニロン、アラミド、ポリプロ、ポリエチ、麻、パルプ等）と、マトリックス（セメント系、樹脂系、石膏系）の性能を知るために様々な組合せを評価し、使用環境と要求性能別にコストパフォーマンスを追求した。

この追求の結果、高意匠で軽量の建材として、曲げ強度の順にGRC、GRG（硝子繊維補強石膏成型板）、FRP（繊維補強プラスチック）が残った。不燃材料では、水に強いかな否かで、外装のGRC、内装のGRGに別れ、不燃ではないが比強度が高く最も意匠表現が豊かであるFRPは一定の制限の中で活躍している。「軽さ」という価値に対価が支払われるには、性能もあるが、時代背景も大きく影響をした。防耐火の基準の見直しや国際条約の締結による環境基準の制定などは大きかったと思う。

■コスト競争による進化

終戦後の高度成長期には、箱物建築が必要とされた。プレファブリケーション（工場生産）による工業化手法で、品質を安定させる一方で、軽量のALC（軽量気泡コンクリート）やECP（押出成形セメント板）も開発されたが、それらはどちらかと言うと、内外装材の要求性能（防耐火、止水性）をより安価に実現するためのものであり、軽量化が主目的ではなかったように思われる。

近年、建築デザインは、施主のブランド力の強化や商業的な価値を上げるとして意匠要求は高まったものの、かつて基礎にも構造にも余裕があった時代は、GRCのm重量がPC（プレキャスト鉄筋コンクリート）の1/3以下であったにも拘らず、軽量のメリットは、コスト高という理由で無用とされた。やはり、建築は「コスト」であった。

結局、労働集約的な製法であった繊維補強建材のコストダウンを行うために、海外に製造拠点を求めたり、マトリックスの開発や変更を行ったり、剛性の高い金属フレームとの複合化をしたりしてきた。安くて性能が良い材料も検討するが、トータルとして安くなる製造方法や施工方法に至るまで、我々も軽量化のためと言うより、コストパフォーマンスの追求に必死であった。ただ、その産物として、得た知見も大きかった。

■時代と共に移り変わる価値

このように、代替材料との競争のために素材や調合、製法や構工法を開発し評価してきたが、面白いもので、昔、コストや品質面で不適であり、引き出しにしまっておいたものが、用途開発や一部の材料開発、社会環境の変化によって有用になる場合もあった。ネガティブなデータほど、正確に記録し、伝承しておく必要を感じる。

ものづくりでは、QCDSE（品質、コスト、納期、安全、環境）をキーワードに評価が行われるが、歴史をたどればコスト偏重から安全第一へ、これを前提として品質から納期競争、最後に環境問題へとシフトしている。

21世紀は、産業革命以降、大量生産・大量消費による人体への影響や環境問題が避けられない時代となった。20世紀の環境破壊への

反省から、つくったモノが価値そのものであるといったモノゴトの時代から、必然性を重視するコトモノの時代になった。

環境回復に努め、サステナブルな社会を目指し、建築も総合的な環境対応型へと一気にシフトしつつある。このような時代の流れから、サステナブルな低炭素社会において、軽くて強い建材は、ようやく大きな意味を持つようになり、更に、VRの普及による創造世界の無限の広がりにより、その実現ニーズが建築分野でも強くなり、材料本来の意匠性も相まって、繊維補強材料は高く評価されるようになった。

同じ物であっても「時代背景・要求の変化」によって価値は大きく変化する。更に、「周辺技術の進歩」によりもたらされる価値の変化も大きい。軽量化のニーズが一気に高まって来た時代背景と技術の進化をまとめると、次のようになる。

○サステナブル社会の環境要求

省資源、高寿命化、躯体負荷の軽減、高断熱、再生可能エネルギー部材の組込などが要求される。

○構造設計のハード・ソフトの進化

躯体の最適設計が行われる。

無駄な余力はなくなる。

○設計基準の見直し

現在の耐震基準では、保有耐力設計時の再使用や長周期振動は考慮されない。長寿命化のために想定震度の割増や再使

用可能を条件に基準が見直されると、壁の重量が、大きく躯体設計に影響する。

■ものづくりの変化

ものづくりにおいても、材料や周辺技術の進化は製品やその価値を変える。注文生産のGRCの場合も、図面が手描きからCAD、3D・BIMへと進化すると、自動車産業のようにCNC（コンピューター数値制御）による型枠製造、自動計測によって労働集約的な作業は減り、また、繊維やマトリックスの改良によって製造方法も変化する。

写真1、2はアルミキャストのように製造された超軽量のGRCである。労働集約性もなく、地産地消で安価に超軽量の高意匠パネルが実現する日も近い。

また、デザイナーの要求やデザインの持つ力の強まりに応じて、構造、設備、ものづくりも大きく進化してきている。アンビルド（実現しなかった建築）の女王と呼ばれたザハ・ハディドさんも結果として多くの作品を残されている。これに貢献した構造、設備の技術も素晴らしいが、薄くて軽く、高い意匠性を持った建材があって実現したと信じている。

やはりコストに戻ってしまうが、注文生産品は、製品の型枠代が最も高いので、同じものを多く生産しなければ、安くはならない。しかし、これも、3D技術やCNC機器の進歩に伴い、ザハのようなすべて異形のデザインに

おいても大差なく使えるような時代はもうすぐ近くに来ている。

■おわりに

時代の要求や技術の進歩に伴い、価値はかわる。重厚長大よりは軽薄短小の方が、日本人にはチャンスがあるように思える。災害列島であり、設計にあれこれ制限が多いことは一見不遇ではあるが、進歩のチャンスと前向きにとらえたい。

日本人には、資源に乏しく四季があり、自然災害も多かった分、知恵や備えがあった。また、木造軸組構法の長い歴史から、軽くて強いというキーワードには強い。素材、部材、構工法の開発を通して、新たな社会に向けて、省資源で省エネルギーな建築を高意匠で実現して行けると確信している。

我々のポケットの中には、幸いにも昔不要とされた沢山の技術資産と共に、当時抱いた夢がある。重さを減らす事での社会貢献を目指して、最新の技術を駆使して、過去の夢を掘り起こし、実現させて行きたい。

そのためにも、夢のあるデザイン、それを実現する構造や周辺技術の更なる発展を熱望する次第である。

（さくらい まさゆき）



写真1 一般的なGRCの製品裏面例



写真2 超軽量のGRCキャスト製法使用例

重さを支える

各論 8

3次元浮揚免震による震災ゼロ区域「フロート・シティ」の実現に向けて

摂南大学理工学部機械工学科 教授

安田正志

1973年岡山大学理学部物理学科卒。同年特許機器入社、2009年～2010年同社取締役副社長。この間1999年～2010年日本振動技術協会常任理事。
2010年VEL社を設立し代表。2011年～2013年京都大学工学研究科研究員を兼務。
2014年から現職。博士（工学）。京都府出身。

■はじめに

長周期パルスなど、近年これまでにない強さや揺れ方を伴う地震が頻発するようになって、より高性能な免震技術への期待が高まっている。現在の免震装置はそのほとんどが、横揺れ（水平振動）にのみ対応し、縦揺れ（鉛直振動）には無防備な2次元免震である。そこで縦揺れにも対応し、横揺れも激減させる新たな3次元免震システムの開発を目指すプロジェクトを2015年に立ち上げ、防災科学技術研究所、日立製作所とともに、装置の試作（写真1）や実験を進めてきた。

建物が固有周期を持つ限り、地震のいずれかの周期の揺れに共振し、増幅することになる。プロジェクトでは「それなら固有周期を消してしまえばどんな地震波にも対応できるのでは」と考えた。免震ゴムをはじめとして従来の免震技術は、一般的に揺れの強い短い周期（1秒以下）の共振を避けるために建物の固有周期を長くする。それなりの効果はあるが、長周期パルスや長周期地震には万全でなく、しかも縦揺れには無防備である。その2つの問題を解決するために開発した3次元免震システムは、固有周期の元となる復元力を極小化するために空気で建物を浮揚させて無周期免震を実現しようとしている。これはこの稿のテーマでもある「重さ」を極力感じないことにつながる。

■ 3次元免震の技術

日頃われわれは空気の力を感じることはない

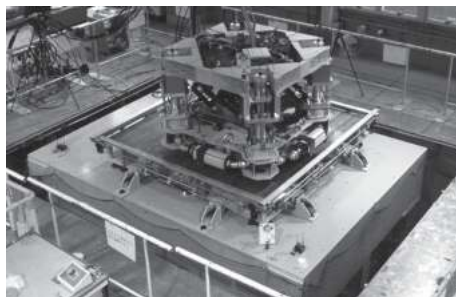


写真1 3次元免震装置試作2号機

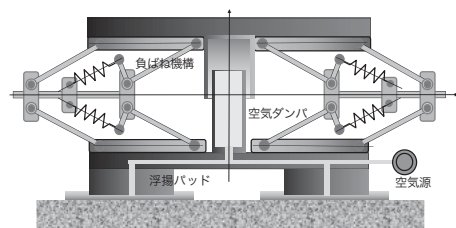


図1 3次元免震装置試作2号機の模式図

が、1 m²の面積に1気圧の圧縮空気が存在するだけで10tonの重さを支えることができる。建物を圧縮空気で浮揚させる先行研究はすでになされていて、試験的に運用されている免震システム⁽¹⁾もある。高い性能がうたわれているがその効果は水平方向のみで、同じ考えでは3次元免震にはならない。地面と建物間にできる空気層をそのまま厚くするとロッキング運動を起こしてしまうと、空気を閉じ込める膜が必要であるために水平の拘束も増加するし、摩擦力も発生してしまうのである。

そこで我々は空気層を50×10⁻⁶mと極薄にし、膜のない微少流れの浮揚機構を開発した。空気を微少に排出し続けることでこれまでの空気ばねにはない新しい特性を得ている。さらに免震機構を2段積みとして、上段はこれまでの免震技術ではほとんど対応できなかった縦揺れを高性能に遮断する機構を開発した。負剛性リンクばねと微少流れを有する空気ダンパの組み合わせで、今までにない長周期の鉛直免震を実現した。

■空気浮揚と負剛性

図1には試作2号機の模式図を示す。下段の空気浮揚は4個の浮揚パッドで構成され、浮揚体は膜の制約がないために大きなストロークに対応できることから無周期やそれに近い長周期免震を可能にしている。極薄の空気層によって膜がなくても空気圧を保持して、対象を浮揚しながら水平には滑らかに滑って、「重さ」を感じない全く無周期の免震（水平）が実現した⁽²⁾。

摩擦係数の計測試験（図2）では1/5000を示し、2.5tonの実験装置がわずか5Nの力で動いた。空気層に厚みがなく鉛直には堅いため、地震の上下動にも共振せず、水平免震機構としては理想の特性を示す。

鉛直の負剛性リンクばねは、リンクに斜めに張ったばねの支持力が、リンクを押下げると減少するように働き、負のばね効果をも

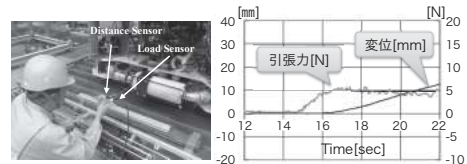


図2 1/5000の摩擦係数

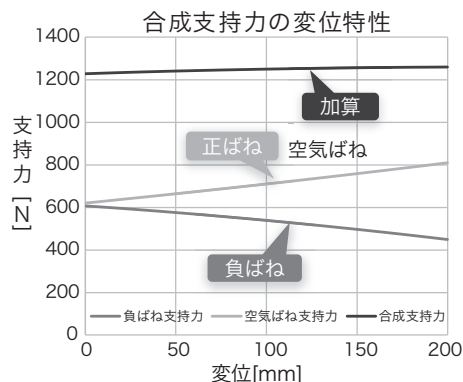


図3 負ばねの併用と合成ばね

たらず。これを従来の正ばねの空気ダンパと並列して用いることで、図3のように合成ばね定数を小さくして固有周期の長い支持機構を作り出した。正ばねとしての空気ダンパは鉛直円筒状の薄膜流れを形成して、小口径でありながらストローク20～30cmを有する。

結果、試作2号機では縦揺れの固有周期をそれまで世界で限界とされてきた2秒よりはるかに長い3.3秒にまで長周期化することに成功した。また、負荷荷重が250kgと軽かったが、コイルばねだけを用いた1号機では、固有周期5秒を計測している。固有周期5秒を正ばねだけで実現しようとすると15.5mも撓むばねが必要となって全く実用にならない。それが負ばね機構を用いて、数10cmの高さの装置で実現できたのである。

■性能の検証



写真2 E-Defenseでの2号機の実験準備

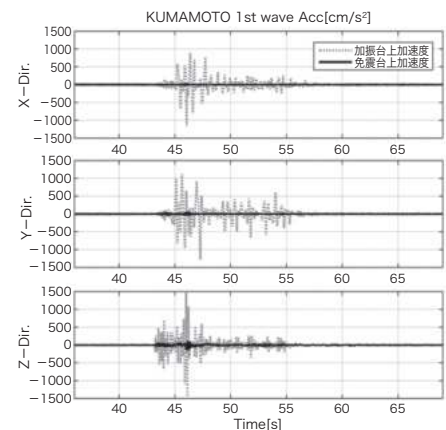


図4 2016熊本地震9/14の実大加振実験

免震装置の試作機の実験は、加振台によって実大の地震波を再現して行っている。兵庫耐震工学研究センターE-Defenseの加振装置(写真2)は1200tonの負荷荷重を実大地震波で加振することができる世界最大のものである。これを用いて過去の大地震(阪神淡路大震災、東日本大震災、熊本地震)を再現した3次元地震波試験は、NHKスペシャル⁽³⁾でも紹介された。図4にその時の2016熊本地震の再現波と効果を示す。図中の応答加速度が示すように免震台上ではほとんど揺れていない。図5に最大加速度を比較する。東日本大震災と同じ横揺れを100分の1、熊本地震の縦揺れを15分の1にできたことが分かった。これまで実現された3次元免震装置の事例⁽⁴⁾では、性能表現として横揺れは8分の1、縦揺れは3分の1といわれていることを考えると、今回の実験で得た高い免震性能は、本技術の有望さを示すものといえる。

■免震による安心・安全

これまでの地震防災の考え方は、逃げることに、耐えることが中心に組み立てられている。都市の景観の中心をなす固有周期3～5秒の超高層ビルも1Fは地面と同じだけ揺れるし、上下動には全く無防備である。ともかく耐震でも制震でも揺れてしまうのである。そんな対策技術のなかで、地震の入力を小さくできるのは免震技術だけである。ストレスを感じずに地震をやり過ごすことができる、耐えるということなく安心・安全を担保することができる、そんな免震防災を目指したい。

幸い空気浮揚には重さ、大きさはあまり障害にならない。プロジェクトでは街区免震、「フロート・シティ」を構想に掲げて開発を進



図6 200m角、250kton規模の街区の免震イメージ

めている。街ごとと浮揚して、巨大地震があったとしても生活の連続性を確保しつつ、防災拠点として即効に機能することをイメージしている。街の免震の事例としては、神奈川県相模原市で10棟の団地全体を共通の免震ゴム床板に載せた水平免震団地がある。この時の免震ゴムの支持荷重は10ton/m²程度である。面で支えれば空気圧に置き換えて1気圧で浮いてしまうのである。図6の構想図の積算負荷は6.26ton/m²である。区画全面を浮揚に使うことはできないとしてもしっかり実現可能な数字なのである。

■おわりに

先日大阪北部で強い地震があり、多くの被害が出た。早く有効な技術に仕上げたいと焦る気持ちはあるが、プロジェクトを立ち上げて3年ほどでここまで来ることができたのは望外のこともかもしれない。無周期免震にこれだけ近づけたのは、もちろんプロジェクトのメンバーの努力あってのものである。今後の進め方はさらに難しいことが予想されるが、広く英知を結集して究極の安心・安全をうたえる街を実現していきたい。地球の重力に耐えるのではなく軽やかに受け流してこそ、地震にも勝つことができる。

(やすだ まさし)

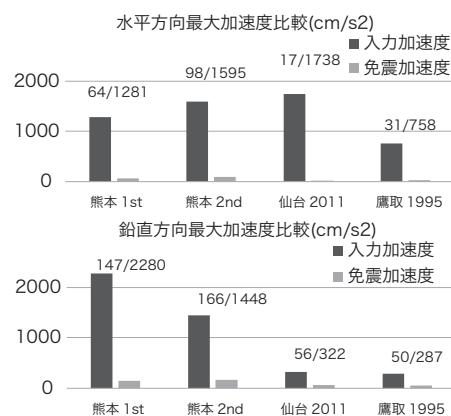


図5 水平1/100(東日本)、鉛直1/15(熊本)

【参考文献】

- (1) 三誠AIR断震システム, <<http://www.airdانشin.jp>>
- (2) 安田 正志 他4名, 空気浮揚による水平無周期3次元免震システムの開発, 日本機械学会論文集, Vol.84, No.861 (2018)
- (3) NHKスペシャル メガクライシス巨大危機第1集『都市直下地震』2017, 9
- (4) 高橋 治 他6名, 阿佐ヶ谷プロジェクトー3次元免震建物の開発と建設一, コンクリート工学, Vol.49, No.5, 2011.5

「重さ」という普段の生活において万人に深く関わりがあるテーマの特集ということだけあって、重さの定義からその重さの扱い、そして宇宙の重さにまで話がおよんだかと思うと総論はそもそも重さの感じ方についてと、スケールが大きく多様で興味深い特集になったと思います。仕事において重さとはとても深く関わりがありますが、重い軽いだけではなく重さとは何かと、少し考えて設計するのもおもしろいかと思いました。記事執筆にご協力いただきました皆さまに深くお礼申し上げます。

(宇野綾真)

「重さと戦う」。今の構造設計者としての日々を表すとすれば、もしかしたらこんな感じかもしれません。とにかく少しでも軽くして負担を減らし、構造体の健全度を高める。構造的な観点からは有り難くない装飾的なコンクリートの増し打ちや、やたら重たい設備機器、憎き高木植栽による屋上緑化。断面増やせば自重も増えるし、見込み忘れた荷重もあるし、敵は枚挙に暇がありません。

一方で、「重さ」を味方につけると構造の表現は一気に魅力が増すのも事実。昨年の特集のテーマは「木と生きる」でしたが、構造設計者として長く上手に付き合っていくべきは「重さ」なのでしょうか。

「重さと生きる」。ちょっと重たいパートナーではありますが。

(岡田 健)

荷重や外力という言葉の方がぴったります。構造設計者は常に重さと戦っています。自重や積載物による建物の構造安全性を確認したり、床を支える柱が負担する上層階の重さに建物固有の振動特性によって算出した係数を掛けた地震力に対しても建物には大きな被害が無いように設計したりと、普段は少しでも軽くなれないかと日々検討しています。台風の時に物が飛散するような時は別ですが。重さをテーマとした今回の特集はとてもタイムリーな企画だったと思います。もう少ししたら、いろんなことが更に分かってくるかもしれないと楽しみに思いました。ご執筆いただいた皆様に、感謝します。

(岸本光平)

今回のテーマに選ばれた「重さ」は、普段の生活でもとても身近なもので、当然耐震工学の研究でも扱う、よく知ったものと思いましたが、今回の特集号を読んで、重さの定義は何なのか、宇宙の重さをどのように測るのか、等々まだまだ知らないことばかりでした。そういえば、建物の重さも推測しているだけで実際の重さは精確には分かっていないはず。それでもいつか街全体が浮く日を夢見てしまいます。記事執筆にご協力いただきました皆さまに深く感謝申し上げます。

(瀧野敦夫)

編集後記

毎年のことですが、この特集企画では「構造」という固いテーマから完全には離れず、いかに柔らかに、読者の方々の興味を引くテーマとするか頭を悩ませます。

今回選んだ「重さ」も私達、構造設計者が普段使っている言葉にしてしまうと「荷重」という面白味のない言葉になってしまいますが、「重さを〇〇する」をキーワードとして、建築・構造から全く離れた方々にも執筆をお願いすることで、一般の方々の興味も引くことが出来る面白い特集としたいと考えました。

総論の「重さを感じる」を始めとして、とても興味深い内容をご執筆いただき、自分自身も普段使っている「荷重」でなく、改めて「重さ」について考えることが出来たと思います。記事執筆にご協力いただいた皆さまに、深くお礼申し上げます。

(角田耕一)

「重さ」とは何か？身近な言葉ではありますが、いざ説明しようとなると、困ってしまいます。構造設計に関わる人にとっては、日常的に付き合っている言葉になりますが、他分野ではどのように「重さ」と付き合っているのかを知る良い機会になるのではと思います。今回の特集記事では、様々な分野からあまり知られていない「重さ」に関する話が紹介されています。これから挑戦する人、既に関わっている人にも興味を持って頂ける面白い特集に仕上がっていると思います。記事執筆にご協力頂いた皆さまに深くお礼申し上げます。

(菰原 学)

今回、「重さ」という私たちにとても身近でありながらもその扱いに苦慮させられることも多い存在について改めて考える機会を得ました。知っているようで全然知らなかった「重さ」の様々な側面を発見できてとても興味深い特集になったのではないかと思います。建築に限らず何かモノを扱う上で「重さ」は必ず関わらなければいけないものなので、この世の中に存在する仕事の数だけその捉え方や見え方は多様に存在するのかもしれない。この新しい見え方が皆様の新しい刺激になればと思います。

最後に記事執筆にご協力いただきました皆様に深くお礼申し上げます。

(松本裕之)

自分と『重さ』との関わりは、構造設計における建物の自重や積載物等の様々な『荷重』であり、これらに相對し、耐え得る建物を設計することを使命としています。

このように、普段から『重さ』をととても身近に感じていますが、今回の特集では、多方面に亘る分野から、我々とは全く違う視点で、『重さ』に真剣勝負を挑んだり、はたまた上手く付き合ったり、色々な捉え方に触れることが出来ました。

近頃増えてきた自分の『重さ』(体重)との関わりには目を背けつつ、特集記事執筆にご協力いただいた皆様に、お礼申し上げます。

(宮久保秀樹)

建物被害調査は被災者の不安・要望に応えられているか？

石黒一郎

堺市建築都市局開発調整部建築防災推進課企画係長

6月18日に発生した大阪北部を震源とする地震は、大阪府内で震度6（弱）以上を初めて観測したものであった。

この大きな地震により、大阪府内の自治体建築技術職員は、応急危険度判定をどういう方法で実施するのか？など、短時間で様々な判断が迫られる事態に直面することになった。

その中で、建物被害調査の現状やあり方についての課題が明らかになったのは間違いない。まずは問題提起を試みたい。

建物被害調査の種類と概要

建物被害調査は以下のとおり4種類がある。

①②は行政主体で、原則として網羅的に行われるものであり、③④は契約により個別に行われるものである。

①被災建築物の応急危険度判定

余震等による二次被害を防止することを目的行われ、講習を受けた「応急危険度判定士」の行政職員が調査の主体となり、「危険」（赤）、「要注意」（黄）、「調査済」（緑）の3段階で判定し、判定結果は原則として現地に掲示する。実施本部は市町村に、支援本部は都道府県に置かれ、地方ブロックや全国からの応援体制がある。各市や都道府県の建築指導部局が中心となるケースが多い。関連制度に「被災宅地の危険度判定」制度がある。

②住家の被害認定

罹災証明発行のために行われる調査で、全壊、大規模半壊、半壊、損壊なし（一部損壊）の判定を行う。住家の損害割合＝経済的損失を算出するもの。被災者生活再建支援法の支援金が支給されるか？など大規模半壊以上になるか否かで生活再建に向け活用できる制度や金額が変わるなど、大きな影響のある調査である。税務関係の職員により行われることが多い。一次調査は外観目視で行われ、結果に異議がある場合、二次、三次の調査を行うことが原則。二次調査からは外観目視に加え

内部の目視調査も実施し判定する。

③被災区分判定

被災した建築物が継続使用できるのか？改修できるのか？建て替えが必要なのか？を判定する制度。被災者自らが申し込み判定結果を依頼主に通知する。判定は倒壊、大破、中破、小破、軽微の5段階。元々応急危険度判定と同一の制度として発足が検討されていたが分離された。民間建築士を中心とした建築の専門家の業務であり、一定の費用がかかる。制度の普及は今後の課題である。

④損害保険の鑑定

保険加入者の申し出により実施。全損、大半損、小半損、一部損の四段階の判定。損害保険登録鑑定人や保険会社から業務を受託した一級建築士が行う。一次鑑定の結果に不服がある場合は二次鑑定申請ができる。②住家被害認定に類似しているが連動はしていない。

建物被害調査の課題

被害規模による違い、発災後からの時間による違い、様々な被害調査が重複しはじめた際の判断、建築技術職員の人数や経験による違いなど様々な要因が絡み合った課題がある。

この稿では発災後のフェイズごとにポイントを提起し、今後の議論の進展のための問題提起としたい。

■発災直後の初期期

この時期、住まいに対して被災者が最も不安を抱くのは、「余震でつぶれないか？」「このまま住んでいて大丈夫か？」というものだ。危険度判定が最も必要とされる時期である。判定実施の判断を早急に行う必要がある。とはいえこれが最も困難なのである。

これまでの地震の例を見ても、発災直後から直ちに大規模に実施できた例はなかったのではない。限られた地域からでも早急にスタートさせるための体制整備が必要である。また、被害認定が始まった時期には、危険度判定は終了するなど、他の制度と連携した「役割終了の時」をあらかじめ決めておくことも早いスタートを促す方法の一つではないか。

大阪北部の地震のように、計測された震度に比して建物被害が少ない場合、被害認定との役割分担を意識しておくこと、初期期の次に出てくる「住まいが再建できるのか知りたい。」という被災者の声にこたえる体制がより早期に必要なことに注意したい。

■復旧期－「住家被害の認定」活動が中心－

「改修できるのか、建て替えが必要か知りたい」という被災者の声に応える調査が必要だ。現在その中心となっているのが被害認定調査である。全壊、大規模半壊になるか否かにより、「被災者再建支援法の支援金の支給対

象になるか？」など住まい再建のための支援金額が大きく異なってくる。否が応でも調査結果への関心は高くなる。そこでよく出てくのが、赤紙を貼られたのに何で全壊じゃないんだという疑問であり、逆に必ずしも解体の必要がないのに、全壊といわれたから解体したというような問題である。制度の趣旨、違いなどを説明するがなかなか分かってもらえない現実がある。

■「住家被害の認定」への違和感

住まい再建の中心となる被害認定制度であるが、建築にかかわる者の目から見て「違和感」がある。それは被害の認定が構造被害の程度や再建築費用の大きさに必ずしも比例していないのではという疑問である。

	全壊	大規模半壊	半壊
損害割合	50%以上	40%以上 50%未満	20%以上 40%未満

上の表のように、この被害認定は、損害割合により判定を行っている。そしてこの損害割合を決定する要素（部位－屋根など）の比重が次の表で示されている。

1次調査		2次調査	
屋根	15%	屋根	15%
		柱（又は耐力壁）	15%
		床（階段を含む）	10%
壁（外壁）	75%	外壁	10%
		内壁	10%
		天井	5%
基礎	10%	建具	15%
		基礎	10%
		設備	10%

木造住宅の地震被害の場合

損害割合は各部位の比重に1次調査の損害程度をかけた合計で算定される。例えば、屋根で20%、壁で20%、基礎で40%程度の被害があったとすると、屋根の被害は3%、壁の被害は15%、基礎の被害4%で建物全体の損害割合は合計の22%となり、半壊と判定される。（実際にはそれぞれの部位の損害程度で、全壊や大規模半壊と直接判定する道が用意されているが）どうしても評価方法に違和感が残る。2次調査でも基礎の比重が建具の比重よりも低いこと、柱の比重と屋根の比重が同じなど「違和感」がぬぐえない。損害を修復する費用や構造上のダメージに比例した設定が必要ではないか？

■被災区分判定制度の実施体制の整備を

そのうえで、被災区分判定制度の整備を図る必要がある。個々の契約による個別実施だけから社会的に実施していく方向も検討していくべきではないか。そしてすべての調査に対して建築技術者が関与するシステムも合わせて検討すべきであろう。

●石黒一郎

1958年生まれ。大阪市立大学卒業。1982年堺市役所入庁。

モノコック構造による 15mキャンチレバー屋根 ネットトヨタ新大阪高槻店

木原隆志

株式会社竹中工務店設計部構造部門 主任

建築計画

本計画は、交通量の多い国道沿いに建つカーディーラー店舗の増改築である。

屋外展示場及びショールームは、前面道路への顔を意識するとともに、グラデーションを持った形態とすることで、来客者を迎え入れるようなデザインとしている。

屋外展示場・ショールームの屋根である3つの「庇」を階段状に連続させ、層状の空間を作り出すことで、国道に対して奥行きのあるファサードを形成するとともに、屋外展示場（外部）とショールーム（内部）の内外境界を曖昧にし、限られた領域に都市と連続した開放的なスペースを生み出すことを狙いとした（図1、2）。

構造計画

最も国道寄りの屋外展示場（第一の庇）は国道に対するステージであり、スピードを持って走る車に対しても視認性を確保するこ



図1 建築プラン

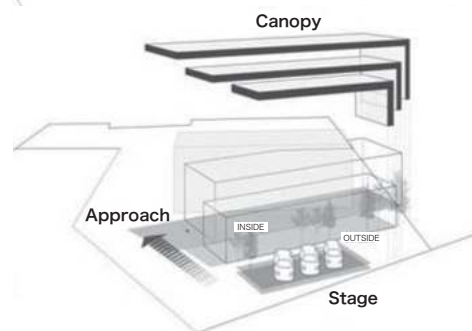


図2 コンセプト図

とや、展示車を出し入れする際の使い勝手を考慮し、無柱として15mのキャンチレバー屋根根としている。ただし、ショールーム部分の屋根（第二・第三の庇）との連続性を考慮し、見付を合わせるため、梁成を最小化する必要があった。

また、ショールームは柱を極力少なく、細くすることで存在感を薄め、一見すると同じ跳出架構が3つ連続しているかのように見せることを狙った。

屋外展示場の架構計画

15mものキャンチレバーでありながら、梁成を最小化するため、長期変形はもちろんのこと、跳出先端で強風等による捩れ変形の懸念がある。

そこで、ガイドとなるH形鋼フレームの両フランジ面にPL（プレート）を溶接し、全体でBOX断面としての性能を発揮するモノコック構造を採用した（図3）。

ガイドのH形鋼と両面のPLはなるべく工場で一体とし、現場での溶接作業を最少化するパーツ割としている（図4）。

建方時に長期変形をキャンセルするムクリを設けるため、屋根（梁部）の跳出し長さ方向には、3箇所継手を設けた。各継手位置で角度を調整することで屋根全体でのムクリを形成している。

また、柱頂部での変形（倒れ）が跳出先端の変形に大きく影響するため、柱部分にはコンクリートを充填し剛性を高めている。

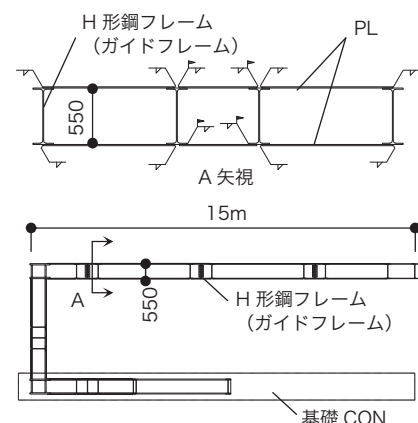


図3 屋外展示場架構概要

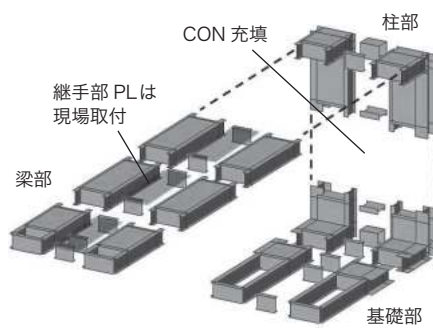


図4 部材パーツ割

以上の架構計画により、跳出長さ15mに対し、550mmの梁成（写真1）に抑えるとともに、通常のH形鋼フレームと比較して7倍程度のねじれ剛性を有する架構を実現した。

ショールームの架構計画

本建物は、平屋のショールームと2階建ての事務所が角度を持って一体となった建物である（図5）。

ショールーム部分の屋根面ブレースの剛性を高め、ショールーム部分と比較して剛性の高い事務所部分に預けることで、地震時の変形を抑え、柱を極力少なく、かつ、130φの小径としている。

まとめ

屋外展示場とショールーム（事務所）の2棟の建物で、全く異なる構造形式を採用しながら、3つの庇の連続性を表現した。

それぞれの建物に要求される機能性、合理性に対し、最適な架構を採用することにより、デザインコンセプトを具現化したシンボリックな作品を実現した（写真2）。

（きはら たかし）

●木原隆志

1983年生まれ。熊本大学大学院修了。
2009年株式会社竹中工務店入社。



写真1 15mキャンチレバー屋根

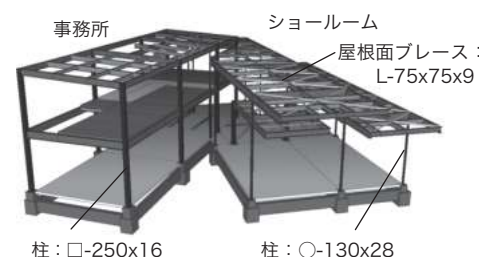


写真2 建物外観



図5 ショールーム架構概要

岡田孝男の記録した 大阪の幻の茶室

(1941年1～5月号)

桐浴邦夫

京都建築専門学校
副校長

■はじめに

1941年、岡田孝男は茶室の連載を行う。1月号から5月号が大阪の茶室、6月号から8月号が大和路の茶室、9月号から12月号が京阪の茶室である。特にここでは大阪の茶室に限定して扱いたい。それはこの岡田の記事に書かれた大阪の茶室すべてが、戦火により焼失したからである。特にこのタイトルに「幻の」と付けたのは、今となってはみるができないもので、貴重な記録だからである。

じつはこの連載には元原稿が存在する。1939年より岡田が『みつこし』に連載した茶室記事である。ただ『建築と社会』連載の記事は、『みつこし』の再録ではない。総じてさらに詳しく記述しており、寸法書きや図面など建築的側面が充実している。ただ『みつこし』では36回連載しているのに対し、『建築と社会』では12回で終了している。理由は不明であるが、岡田が住宅営団広島支所へ転職することが大きな要因と考えられる。

この時期、茶室はひとつのブームであったとも言える。筆者は先に『建築と社会』1935年10月の「茶室建築特集号」について記した(2016年3月号)。桃山や江戸期の歴史的な遺構についての記事が掲載される一方、現代、すなわち特集号が組まれた時期に活躍中の熟練の数寄屋建築家木津宗一の作品、また当時

新進気鋭の建築家吉田五十八の新しい数寄屋建築への提案が掲載されるなど、バラエティに富んだ内容であった。

この時期、『建築と社会』誌のみならず、『建築世界』1932年7月号「茶室と茶庭特集号」、『国際建築』1934年1月号「日本建築再検・数寄屋造特集号」、『建築世界』1934年4月号など、茶室や数寄屋の特集号が組まれていた。それぞれの具体的な内容とその意義は小著^(※1)に記したが、概観すると桃山や江戸期の茶室は現代(それぞれの雑誌が出版された昭和前期)においても大きな意味を持つと述べられている。すなわち茶室は、他の古建築とは違って、過去のものというだけでなく、新時代の建築の視点にも耐えうる建築だと主張されることが多い。

■岡田孝男

この茶室の連載を記した岡田孝男は、当時は三越住宅設計部長であった。岡田は1930年大阪・三越住宅建築部の開設と同時に設計技師として就任した。これは武田五一の薦めによるものだという。

岡田孝男は1898年、島根県に生まれた。京都帝国大学に学ぶが、このとき武田五一の私設助手を努めながら、1929年に卒業している。周知のように武田は京都府立図書館や芝川邸など多くの作品を手がけ、アール・ヌーヴォーやセセッションを取り入れた建築家として知られているが、東京帝国大学の卒業論文として「茶室建築」をまとめている点にも着目したい。武田は積極的に茶室の設計に携

わったとはいえないが、茶室のエッセンスに近代建築の胎動をみていたのであった^(※2)。その武田に師事したことが岡田にとっては大きな意味を持つと考えられる。

卒業後、三越住宅建築部に入社する。そこで岡田は、当時の住宅界の大きな課題であった合理化された小住宅の設計、そしてその研究を進めた。このあたりも武田の影響がみられる。日本建築協会においては、1931～33年にかけて行われた住宅設計競技の入選案を分析し、「小住宅プランの研究」(『建築と社会』1933年4月)としてまとめ、合理的で標準的な設計方法の解明を試みた。『建築と社会』誌上では、「不燃質小住宅の新構造法」(1932年6月)「欧米住宅建築界の新傾向」(1934年3月)など欧米の最新の小住宅を紹介することも行っている。

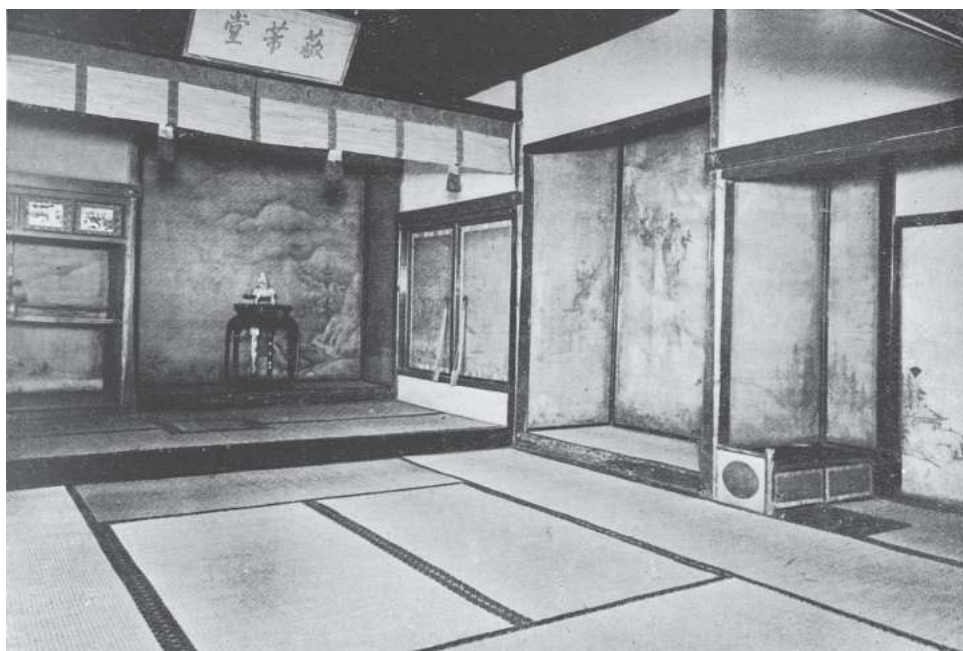
さて戦時体制下の1941年、三越住宅建築部が閉鎖される。その後は、住宅営団広島支所、総理府特別調達庁大阪支局、帝塚山学院大学に勤務した。没年は1993年である。^(※3)

■願泉寺の茶室

少し前置きが長くなったが、現在では見ることのできない大阪の茶室を、岡田孝男の記述に従ってみていきたい。

まずは、大阪浪速区の願泉寺の茶室。記事は1941年1月号に記載され、タイトルは「古建築巡礼1 願泉寺の茶室」である。

茶室の名を泰慶堂という。岡田はこの記事の最初に、「大阪は数度の火災に会い、市内には古い茶室が殆んど残つてゐないが、幸に願



願泉寺・蔽芾堂内部

泉寺の泰慶堂、今宮の十萬堂、一心寺の八窓の席、二葉の豊公の席、山田氏邸の義心亭、津村別院の環堵席があるから順次巡って見たいと思ふ」と記している。しかし皮肉なことにこれらの茶室も、のち数年のいのちであった。そして失われた現在にあっては、岡田のこれらの記事は、大変貴重な史料となった。

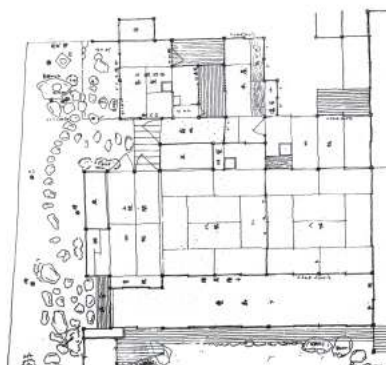
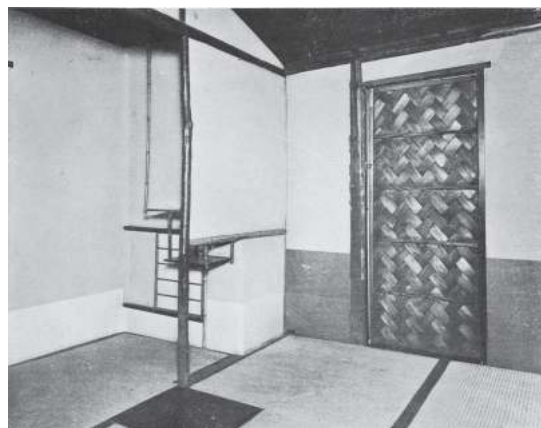
さて願泉寺であるが、小野妹子の八男、聖伝院永澄によって創建され、無量壽寺と称した。鎌倉時代には天台宗に属していたが、室町時代には浄土真宗に改宗したと記録される。安土桃山時代、その第31世定龍は、武勇にすぐれ、織田信長の石山合戦の折には近郷の門徒を引率し、各所に陣を構え奮戦したという。その功により本願の一字が贈られ、寺名を願泉寺と改称した。また一方で紹鷗や利休らと共に茶の湯を好み、大名にも指導していたという。その一人に伊達政宗がいた。大坂夏の陣を終え、政宗が仙台に帰るとき陣中の茅舎と茶室を定龍に与えた。これがのちの書院蔽芾堂と茶室泰慶堂であった。その後この周辺では火災があって願泉寺の一部は焼失したが、書院と茶室はまぬがれ、戦前の国宝となった。

まず書院について一瞥しておこう。書院は四畳の上段の付いた八畳に、次の間八畳が取り付いた形式で、蔽芾堂と呼ばれ、政宗の居室と伝えられていた室であった。上段の床の間は墨絵を描いた張付壁で、床脇には違棚を備える。これを岡田は醍醐三宝院の棚に匹敵すると記している。また帳台構（武者隠し）を備えるが、開戸形式で、外が庭になっている。そして通常は、上段をもつような書院座敷には炉は切らないが、ここでは側面にもう一つ床の間を設け、その脇に台目畳に向切逆勝手の炉を切る。それぞれ大変珍しい手法である。これを岡田は、当初からとは考えにくいとし、点前座は隣接していた鎖の間にあったものが取り込まれたものではないか、と推測する。

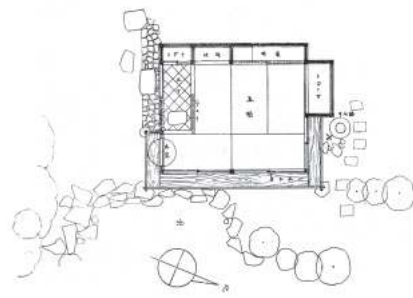
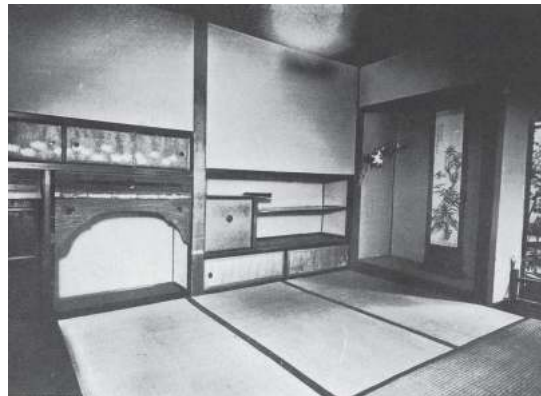
泰慶堂は三畳台目で下座床、床柱に赤松皮付き落掛は杉で端部にツラを付け、床框は黒塗りで内部の壁面は塗回しとなっている。炉は台目切りで、中柱にチサの直材を使用する。特徴は、点前座の上部にヤシの葉を葺いた一段高い天井を張っていることである。通常点前座は、客をもてなす道理から亭主の謙虚さを表現するため客座より低く設定されることが多いが、ここでは高く設定され、またヤシの葉を用いていることなど近代における改変の可能性があると思われる。当時の岡田も疑問を感じていたかも知れないが「異例である」とだけ記している。

岡田がこの茶室に大きく着目するのは平面構成である。床前に一畳加えL字形の平面を

取っていることである。同様の平面は、東京国立博物館の六窓庵で、近似のものとしては水無瀬神宮の燈心亭が挙げられる。特に泰慶堂においては亭主の出入口の茶道口と給仕口を出た部分から水屋の間に壁を隔てている点に奥ゆかしさを感じるという。そして岡田は、この平面計画における正客の座る位置について紙面を割いている。すなわち床の間の前に着席するか、亭主により近い炉の近くの炉付き正客にするか、ということについて現在の流派の考え方や伊達政宗の頃の使い勝手に思いを馳せ、考察を進める。特に何かを断言するわけではないが、使い勝手の点から、亭主との会話を考えると炉付き正客、一方、後見がいる場合などの場合は床前正客が良いと記述する。



願泉寺・泰慶堂内部（左）と平面図



豊公の席内部（左）と平面図

■豊公の席と淀屋の席

2月号には「大阪の茶室2 豊公の席と淀屋の席」として、当時の料亭二葉に存する茶室を取り上げる。最初に岡田は、「大阪の茶屋（茶室）には、料亭に利用されているものが沢山ある」として、ここで取り上げる阿弥陀池の二葉、中国料理来山、服部の星ヶ岡茶寮などを挙げている。京都の茶室が寺院に付属していて保存状況が良いのに対し、大阪では料亭に利用されており、「大阪人の事物活用の一断面を示すもの」として興味ある事象だとしている。なお伝統建築を飲食店として保存活用するという手法は現代の考え方にも繋がる。

さて、当時阿弥陀池にあった二葉は、元は北浜の淀屋个庵が営んだ別荘であった。初代が八幡に土地を持っていた関係で、小堀遠州や松花堂昭乗とも親交があり、また大坂の陣の時、徳川家康の茶白山の陣地を急造して嘉

賞にあずかったことから、のちに言う「豊公の席」と「淀屋の席」が移築されたのだという。このあたり、家康への忠義の行動と「豊公の席」という名称との関連など、疑問を感じざるをえないが、岡田は特に記していない。それはさておき、この屋敷は、やがて狩野宗朴が住まいして宗朴亭を建て、のちに大三輪氏の住まいとなり、そして二葉の手に帰したという。

豊公の席は庭間に独立した茶室で、池に面して六畳の大きさのうち一畳分を土間として、三方に濡縁を巡らせた開放的な茶室である。特徴は席中に火燈風の切り抜きを備えた水屋を持つことである。岡田は、「桃山の面影を残し」として豊公の好みに通じるものだと述べている。花頭窓（火燈窓）は禅宗様建築として鎌倉時代に中国から伝えられた建築様式であり、その後室町、桃山、江戸と常に使用され

ている意匠である。特に桃山とのみ結びつけることは無理があるように思う。しかしここでの岡田を始め、多くの建築関係者が花頭窓を桃山と結びつけて考えている。ここでは近代のひとつの視点、とだけいっておきたい。

さてこの茶室は、岡田によると、かつて屋敷の東の方にあった大広間に接続していたといい、大三輪氏の時、現位置に移築したが、その時の記録は床下に埋めてあるという。残念ながら今となっては知るよしもない。また岡田によると腐朽のための改築がみられ、伝えがどの程度信頼できるかは不明であるとも記している。

淀屋の席は三畳で、二畳の水屋を備えた茶室である。三畳の茶室には少し斜めになった踏込床が付き、矩折れに連子窓と躰口、さらに床正面には一間半に4枚の障子が建てられ濡縁が付く、開放的な構成となっている。岡

田は、この部分はもとは壁と窓であって、料亭として使い勝手の良いように改築したものとみている。また天井は化粧屋根裏である。

岡田は最後には「この豊公の席と淀屋の席が果たして伝えられる通りのものであるか、どうかは何の正確な記録もないので、判りかねる」とも記す。

■今宮の十萬堂

3月号の記事は、「大阪の茶室3 今宮の十萬堂」である。かつて浪華の俳人小西来山が元禄の頃隠居して、晩年を過ごした建物だという。記事にされた当時は「来山」という名の中国料理店となっていた。

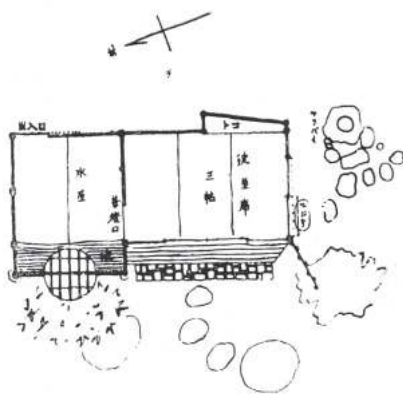
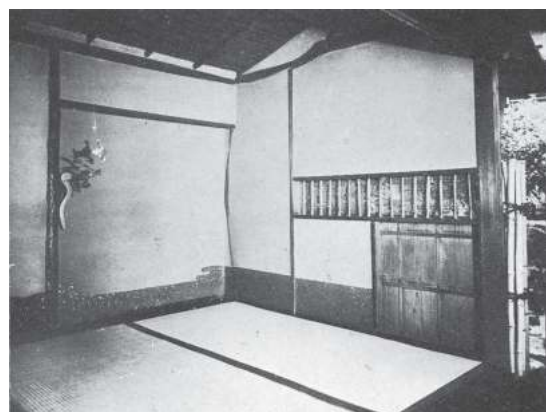
この十萬堂に関して、建築的な側面からの言及は他の茶室に比べて少ない。取材の関係もあったのかもしれない。平面図や写真は掲載されているものの、寸法書きがなく、また最後には、記事は島道素石氏の調査によったところが多大であるとしている。

建物は門を入ると右手に洋館、突き当たりに主屋があり、その奥に、四畳、四畳半、二畳台目の茶室があり、それに続いて十畳の書院と六畳の次の間が続く。記載の平面図は、この奥の部分である。このうち二畳台目の席が来山の席と言われていたという。二畳台目で風炉先に柵床が組み込まれているのは珍しい。通常ならば四分の一畳の大きさの部分に半畳の床を組み込んでいる。つまり全体として飛び出した形となり、それを補正するため斜めの板畳を入れ、客座からの視線もある程度確保している。給仕口はその隣、上座に設けられている。岡田は給仕口の位置はここでは下座に持ってくるべきで、料理店に適するように「改悪」されたものと思われる」と記している。そして台目切本勝手で中柱にはゆがみ柱を立てる。

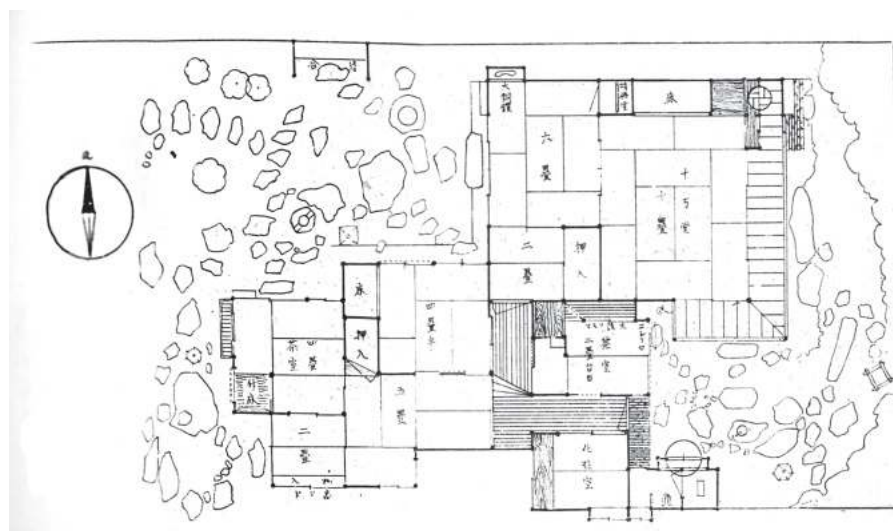
他に四畳柵床の席、利休好みと称する四畳半席があるが、いずれも簡単な平面図のみで写真などの記載はない。また十畳の書院は琵琶床を備えるが、次ノ間六畳には来山の像や十萬堂の額、そして一心寺との合図に使用したという銅鑼が飾られていたという。

■一心寺の八窓の席

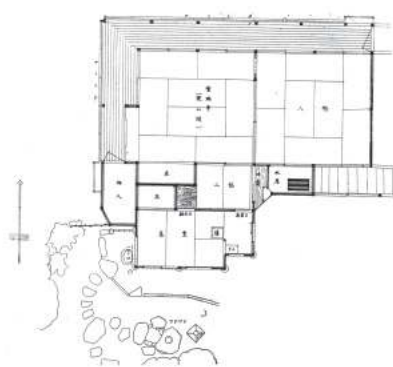
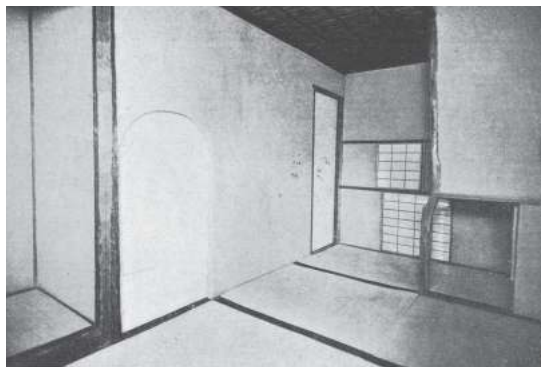
4月号は「大阪の茶室4 一心寺の八窓の席」である。一心寺は四天王寺の西門の近くに位置する寺院で、八窓の席を有していた。この茶室は徳川家康が茶臼山に陣を敷いたとき、小堀遠州が寺の樹木を利用して好んだものと伝えられる。それがのちに一心寺に移築されたものだという。もっとも岡田によると、「茶室に関する記録は全く見当たらず」という。



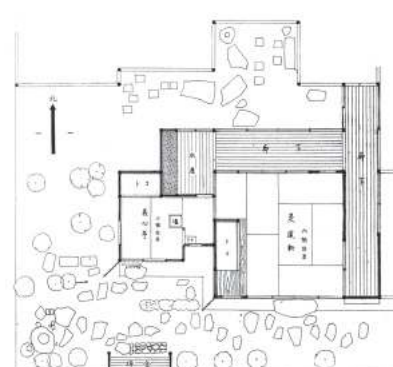
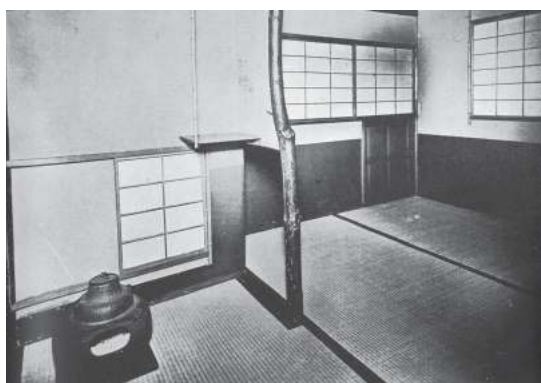
淀屋の席内部（左）と平面図



十萬堂平面図



一心寺・八窓の席内部（左）と平面図



義心亭内部（左）と平面図

茶室は三畳台目で台目切りの炉が切られ、床の間は下座に構える。天井は一部掛込天井、一部蒲の平天井で点前座の上部まで伸びている。床柱は杉のナグリ、中柱は材種は不明であるが、ところどころに切目を入れ楔が打たれていたとのことである。微妙なゆがみをただすために遠州が行った珍しい手法だと伝えられている。そして同様の平面を持つ茶室として、桂離宮の松琴亭の茶室、曼殊院の茶室を岡田は紹介する。

ここでは書院紫琳亭に付いても解説される。八畳の座敷で一間床と付書院が備わる。違棚はなく、隣室に次ノ間として八畳の座敷が取り付く。ここで岡田が目にするのは、紫琳亭の2間の開口部の中間に柱を1本建て、1間の引違の障子を並べているところである。

突然ここで、岡田は話題を国民住宅へと転換する。同一の形のものを大量建設することについてである。すなわち2間のスパンをやめ、1間あるいは最大で1間半のスパンで梁を考えれば、断面が小さいもので済み、経済的である。昭和16年という時代を考えると、領ける。2間ではなく、1間半というのは、すなわち八畳ではなく、六畳あるいは七畳半

が良いということだ。さらにメートル間（1間を2メートル）で考えれば、七畳半は東京間（田舎間）の八畳より面積が広いとも記す。小住宅の大量生産の場合、生産方法からの制肘（わきから干渉して、自由な行動を妨げること）を受けるとしている。それは紫琳亭にみられるように不便はない、と話が繋がるのである。そしてこの文章の最後には、国民住宅の方に脱線したが温故知新の一例、と結んでいる。

■義心亭

5月号は「大阪の茶室5 義心亭」である。この茶室は、内淡路町二丁目の宗偏流家元山田宗有氏の屋敷にあったもので、もとは小西家の屋敷であった。

そしてこの小西家で元禄の頃、たびたび茶会に招かれたのが天野屋利兵衛だという。天野屋は海産物問屋を営み、赤穂浅野家と繋がりがあった。義士討ち入りに際して軍需品を調達した功労者であったという。一方で山田宗偏は吉良義央とは千宗旦に茶を習った同門であり、屋敷も近く茶の湯での交流があったという。義士のひとり大高源吾は宗偏に弟子

入りし、吉良の動向を探っていたという。そのような実績から、この茶室に付けられた名が義心亭だという。

さて義心亭は二畳台目で台目切り本勝手で下座床を持つ。床の間正面に躰口が位置しその上部に連子窓を備える。天井は床前が平天井、躰口上部が掛込天井、点前座が蒲の落天井となっている。給仕口がないため、元の炉の位置では具合が悪いので、釣棚の下に向切の位置に改めていたと記す。岡田は釣棚の下では使い勝手が悪いので隅炉にすべきだとい、また給仕口を付けた方が良くともいう。

義心亭と同様の形式を持つ茶室には、堺の南宗寺の実相庵、京都の建仁寺の東陽坊、大徳寺の庭玉軒などがある。床の間と点前畳の関係、茶道口、中柱、台目切（出炉）など同じで、給仕口と躰口のみがそれぞれ違いをみせると、岡田は指摘する。

■おわりに

岡田孝男はこの連載の脚注に「*三越住宅部」と必ず記していた。彼の視点は住宅作家そして住宅研究者としてのものであった。ここでは平面の分析が際立つ。使い勝手、すなわち建築の用の部分に着目している。

一方で茶室の由来については疑問を感じつつも、伝承に従い記述していく。当時は少しずつ科学的な視点が求められ始めた時期であり、茶室の文献においても、疑わしき由来をきっぱり否定するものもある。科学的な視点が大切であることには違いないが、伝承が後世に一切伝えられなくなると、伝承と事実との関係が明らかになる可能性をも消滅させてしまうことになる。岡田の仕事はその視点から意味のあるものと位置付けられる。

先にも記したが、6月号以後に執筆した茶室は2018年現在すべて存在している。しかし、ここに記した大阪の茶室はすべて焼失した。これらの茶室は、この岡田の記事の他ごく僅かに記録されているのみである。そのため、この連載は大変重要な文献史料ともなった。

最後になりましたが、岡田孝男氏のご子息である岡田幸之氏にはお世話になりました。御礼申し上げます。

(*1) (*2) 拙稿『茶の湯空間の近代』（思文閣出版、2018）

(*3) 岡田孝男については下記の論文を参考にした。牧田知子「近代住空間の形成 一大阪・三越住宅建築部と岡田孝男の活動」、『日本建築学会計画系論文集』471、1995.5

出版図書一覧

当協会会員の方で、当会でのご購入を希望される方には、特価：本体価格の1割引＋税にて販売しております。
詳しくは（一社）日本建築協会事務局（TEL 06-6946-6981、FAX 06-6946-6984、E-mail soumu@aaj.or.jp）まで。

最新刊 平成30年3月発行

直感で理解する！構造力学の基本

手描きイラストをもとに構造力学の基本をやさしく解説。
力学とその先にある構造設計の魅力が見えてくる一冊。

著者 山浦晋弘
A5判 216ページ
定価 本体2,400円＋税

近刊 平成30年1月発行

原因調査と対策のポイント 図解 雨漏り事件簿

雨漏りの原因調査と対策にプロ集団「雨漏り110番」が、
多数の生の事例をもとに実務に役立つポイントを解説。

著者 玉水新吾・唐鎌謙二
A5判 216ページ
定価 本体2,500円＋税

近刊 平成29年7月発行

暮らしから考える設計のポイント 図解 住まいの寸法

玄関、トイレ、洗面室など住まいの13の空間の機能と要素を整理し、生活に支障のない理にかなった寸法を紹介。

著者 堀野和人・黒田吏香
A5判 200ページ
定価 本体2,600円＋税

近刊 平成29年3月発行

Q&Aでわかる新築・増改築のポイント 図解 一発で通す！確認申請

確認申請をスムーズに通すために、実務で注意すべき間違えやすいポイントが満載。申請業務に必携の一冊。

著者 野口元・平沢隆志・仲本尚志
B5判 192ページ
定価 本体3,200円＋税

直感で理解する！構造設計の基本

山浦晋弘 著
A5判 216ページ 定価 本体2,400円＋税

設計・監理・施工者のための 建築品質トラブル予防のツボ

仲本尚志・馬渡勝昭 著
A5判 248ページ 定価 本体2,800円＋税

改訂版 イラストでわかる 消防設備の技術

中井多喜雄 著 石田芳子 イラスト
赤澤正治・岩田雅之・西博康 改訂監修
B5判 216ページ 定価 本体3,000円＋税

写真マンガでわかる 住宅メンテナンスのツボ

玉水新吾・都甲栄充 著
A5判 248ページ 定価 本体2,800円＋税

主婦建築家と考える 住まいづくりのウソ？ホント？

井上まるみ 著
四六判 184ページ 定価 本体1,800円＋税

プロが教える 住宅の植栽

藤山宏 著
B5判 176ページ 定価 2,800円＋税

住宅エクステリアの100ポイント 計画・設計・施工・メンテナンス

藤山宏 著
A5判 232ページ 定価 本体2,500円＋税

第二版 環境と共生する建築 25のキーワード

大西正宜 著
A5判 240ページ 定価 本体2,600円＋税

〈プロのノウハウ〉シリーズ

建築現場のコンクリート技術

柿崎正義・玉水新吾 著
四六判 220ページ 定価 本体2,000円＋税

写真マンガでわかる 工務店のクレーム対応術

玉水新吾・青山秀雄 著
四六判 220ページ 定価 本体2,000円＋税

現場直伝！躯体工事の100ポイント

中川徹 著
四六判 220ページ 定価 本体2,200円＋税

写真マンガでわかる 建築現場管理100ポイント

玉水新吾 著
四六判 224ページ 定価 本体1,900円＋税

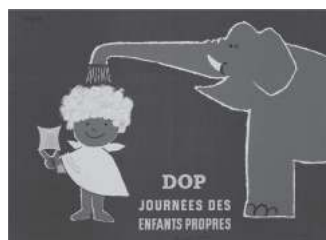
建築主が納得する住まいづくり Q&Aでわかる技術的ポイント

玉水新吾 著
四六判 224ページ 定価 本体1,900円＋税

1

サヴィニャック パリにかけたポスターの魔法

レイモン・サヴィニャック（1907－2002）はフランスを代表するポスター作家である。《牛乳石鹸モンサヴォン》（1948/50年）に代表されるように陽気でシンプルな彼の作品は、それまでの伝統だった装飾的な要素を排したことでポスターの様式を一新した。「どのようにメッセージを届けるか」と



《ドップ：清潔な子どもの日》
1954年
ポスター（リトグラフ、紙）
パリ市フォルネー図書館蔵
©Annie Charpentier 2018

いう永遠の課題に対して彼が出した答えは、商品に人や動物のモチーフを組み合わせ、明快な造形と色彩によって視覚的なインパクトを与えることであった。さらに、彼が生まれ育ったパリに息づくユーモアとエスプリが加わり、人々を一瞬で虜にする不思議な魅力が生まれている。身近な食料品や日用品からシトロエンやダンロップ、ティファールなど実に多様な広告を担ってきたサヴィニャックのポスターは、パリにとどまらず世界中の人々に今日もなお愛され続けている。

本展覧会は、ポスターと合わせて原画や関連作品も展示することでサヴィニャックの仕事を多角的に捉えようと試みるものである。中でも、パリの街角を賑わせた巨大なポスター群は私たちに新鮮な驚きを与えてくれるだろう。そうした街中の様子を捉えたロベール・ドアノー（1912－1994）や木村伊兵衛（1901－1974）の写真からは、20世紀フランスという時代と場所の空気も伝わってくる。道行く人々の心を躍らせ、街を彩ったポスターの役割に思いを馳せながら、それらを魔術師のように操ったサヴィニャックの世界をご堪能いただきたい。

期 間 12月24日（月・振休）まで
10：00～18：00（金・土曜日は20：00まで）
※入場は閉館の30分前まで

休 館 日 月曜日（ただし12/24は開館）
会 場 兵庫県立美術館

神戸市中央区脇浜海岸通1-1-1
TEL.078-262-0901

観 覧 料 一般1,300円、大学生900円（要証明）
70歳以上650円（要証明）
＊高校生以下無料
＊障がい者手帳等をお持ちの方（70歳以上を除く）
は半額、その介助者1名は無料

2

六本木ヒルズ・森美術館15周年記念展 カタストロフと美術のちから展

東日本大震災やアメリカ同時多発テロ、リーマンショックなど世界各地で絶えず発生するカタストロフ。多くのアーティストがこのような悲劇的な災禍を主題に、惨事を世に知らせめ、後世に語り継ぐと作品を制作している。その私的な視点による記録は、マスメディアの客観性を重んじる記録とは異なり、多勢の世論の影に隠れて見えにくくなったもう1つの事実を私たちに提示する。そこにはまた、社会の矛盾や隠蔽された問題の可視化を意図するものや、個人的な喪失や悼みを表現するものもある。カタストロフは私たちを絶望に追い込むが、そこから再起しようとする力は想像力を刺激し、創造の契機となることもまた、事実なのではないだろうか。東日本大震災以降、国内外の数多くのアーティストが復興・再生への願いを込めて理想や希望を描き、より良い社会のために、新しいヴィジョンを提示しようと試みている。

戦争やテロ、難民問題や環境破壊など、危機的な問題が山積する今日において、美術が社会を襲う大惨事や個人的な悲劇とどのように向き合い、私たちが再生を遂げるためにどのような役割を果たすことができるのか。本展は、負を正に転ずる力学としての「美術のちから」について注目し、その可能性を問いかける。



オノ・ヨーコ 《色を加えるペインティング（難民船）》1960/2016年
ミクスト・メディア・インスタレーション サイズ可変
展示風景：「オノ・ヨーコ：インスタレーション・アンド・パフォーマンス」
マケドニア現代美術館（テッサロニキ、ギリシャ）2016年

期 間 2019年1月20日（日）まで
10：00～22：00（火曜日は17：00まで）
※入館は閉館の30分前まで

休 館 日 会期中無休
会 場 森美術館

東京都港区六本木6-10-1
六本木ヒルズ森タワー53階
TEL.03-5777-8600（ハローダイヤル）

観 覧 料 一般1,800円、高大生1,200円、
4歳－中学生600円、65歳以上1,500円

3

collection 1 ゴヤ、理性のねむり
“ロス・カプリチョス” にみる奇想と創意

変革の時代に生きたスペインの巨匠フランシス・デ・ゴヤ（1746-1828）の最初の版画集『ロス・カプリチョス』（1799年出版）全80点を紹介する。

封建的な絵画制度に反発し画家の個性を重視したゴヤは、人間の影の部分にも強く惹かれていた。46歳で病のために聴覚を失ってから、ますます内面世界へと沈潜していき、それに応じて独創性を高めていく。とりわけ、版画の分野において、その特異な想像力を発揮した。

「カプリチョス」は気まぐれ、戯れ、奇想などを意味する。ゴヤは時代に根強く残る迷信のほか、偽善や欲望などに目を向けた。版画集全体を象徴する一点《理性の眠りは怪物を生む》では、人間を惑わすあまたの悪徳が、コウモリやミミズクなど闇に生きる獣たちの姿で表されている。理性の不在を憂うメッセージが込められている一方で、獣たちの不穏な羽ばたきには限りない想像力の飛翔に対する賛美が見え隠れする。自らの顧客である上流階級までもを諷刺の対象とし、極めて私的な芸術世界をこの版画集で結実させたゴヤだったが、その余りの過激さ故、わずか2日で版画集は販売中止となった。暴力的なまでの想像力——奇想と創意——にみちた『ロス・カプリチョス』は、ゴヤの創作にける情熱と芸術的な本質を体現した作品であり、近代的絵画の到来を預言するものでもある。聖と俗、美と醜、理性と狂気——残酷な現実と魅惑的な空想とが渾然一体となったゴヤの芸術をご堪能いただきたい。



《26番 彼女たちはもう席を得た》
伊丹市立美術館寄託作品

期 間 12月24日（月・振休）まで

10：00～18：00

※入館は17：30まで

休 館 日 月曜日（ただし12/24は開館）

臨時休館：11/12～16

会 場 伊丹市立美術館

兵庫県伊丹市宮ノ前2-5-20

TEL.072-772-7447

観 覧 料 一般300円、高大生200円、小中生100円

*兵庫県内の小・中学生はココロンカード呈示にて無料

*4市1町（伊丹市・川西市・宝塚市・三田市・猪名川町）の高齢者割引有（平日60歳以上、土日祝65歳以上）

4

吉村芳生 超絶技巧を超えて
Yoshimura Yoshio :
Beyond Hyper-realism

現代アート界の異色の画家・吉村芳生の全貌を62件600点以上の作品により3部構成で紹介する。日常生活の中で目にするありふれた風景をモノトーンのドローイングや版画で表現した初期の作品群、色鉛筆を駆使してさまざまな花を描いた後期の作品群、そして生涯を通じて描き続けた自画像の数々。膨大な時間を費やして制作された吉村の驚くべき作品群は、写実も超絶技巧も超越し、描くこと、表現することの意味を問い直す。

本展は、中国・四国地方以外の美術館では初めて開催される吉村芳生の個展となる。



《新聞と自画像2008.10.8 毎日新聞》
2008年、個人蔵

期 間 2018年11月23日（金・祝）

～2019年1月20日（日）

10：00～18：00（金曜日は20：00まで）

※入館は閉館の30分前まで

休 館 日 月曜日（ただし12/24、1/14は開館）、

12/25、12/29-1/1

会 場 東京ステーションギャラリー

東京都千代田区丸の内1-9-1

TEL.03-3212-2485

観 覧 料 一般900円、高大生700円

*中学生以下無料

*障がい者手帳等をお持ちの方は100円引き、その介助者1名は無料

本欄掲載の1～4の美術館等の招待券ご希望の方は、電話等で申し込み後、招待券送付用の切手（82円）を日本建築協会事務局までお送りください。

常任理事会

第4回常任理事会

9月26日(水) 16:00~18:00

日本建築協会会議室

出席者 設楽会長ほか6名

- 議事 (1) 「生きた建築ミュージアム大阪」スペシャルツアー 日本建築協会 Presents! 船場・堺筋を歩く
(2) 会誌「建築と社会」アーカイブ公開方法
(3) 協会委員会規程の改正
(4) 11月通常理事会、支部長会議の議題、タイムスケジュール、今後の日程
(5) 4団体会長、支部長意見交換会
(6) 協会パンフレット作成経過
(7) アートアンドアーキテクトフェスタ(AAF)
(8) KENTEN2018「優良製品・技術表彰」
(9) 大阪市中央公会堂企画展示「片岡安と大阪市中央公会堂」
(10) 日、韓、中建築士協議会歓迎会臨席依頼
(11) シンポジウム「think GLOBAL, think HONG KONG」～国際化へのパートナー：香港」の後援名義
(12) その他の実施事業
(13) 総会講演会の講演者の提案
(14) 「建築と社会」誌収支状況
(15) 事務所の模様替え

編集委員会

第6回広告企画・編集合同委員会

9月19日(水) 18:00~19:25

日本建築協会会議室

出席者 勝山委員長ほか4名

- 議事 (1) 10月号特集 山と建築
(2) 11月号特集 重さに関わる
(3) 12月号特集 (仮) こだわりの空間料理人
(4) 1月号特集 共生社会のまちづくり (仮)
(5) 2月号特集 第25回私の空間作法
(6) 3月号特集 東海支部特集

第6回構造分科会

9月26日(水) 18:30~19:50

日本建築協会会議室

出席者 角田幹事ほか4名

- 議事 (1) 構造の頁の企画
(2) 2018年特集の企画

第5回設備分科会

9月5日(水) 18:00~19:00

日本建築協会会議室

出席者 橋本幹事ほか4名

- 議事 (1) 「設備の頁」の企画

第6回法令分科会

9月19日(水) 15:00~17:00

日本建築協会会議室

出席者 垣内幹事ほか4名

- 議事 (1) 法令コーナーの企画
(2) 2018年特集の報告

第5回作品作風小委員会

9月27日(木) 19:00~20:00

日本建築協会会議室

出席者 東井小委員長ほか4名

- 議事 (1) 作品の選定
(2) 作品の掲載状況、予定
(3) gallery掲載報告、予定

事業委員会

第5回情報見学小委員会

9月13日(木) 18:10~20:30

日本建築協会会議室

出席者 中尾委員長ほか11名

- 議事 (1) 本年度事業について
(2) イケフェス関連の催しの検討

出版委員会

第5回出版委員会

9月25日(火) 18:00~18:40

日本建築協会会議室

出席者 西委員長ほか6名

- 議事 (1) 既刊書籍経過報告
(2) 制作進行中の書籍
(3) 今後の出版テーマ
(4) 建築セミナー

教育委員会

第6回大阪府住まい・まちづくり普及協議会

9月21日(金) 10:30~12:00

大阪建築会館会議室

- 報告・議題
(1) 出前講座
(2) マニュアル作り
(3) 安全チェック・ボランティア

第4回史料研究会

9月18日(火) 18:00~19:50

日本建築協会会議室

出席者 橋寺委員長ほか6名

- 議事 (1) 協会誌での連載
(2) イケフェス提供プログラム

未来創生プロジェクト

第6回建築次世代委員会

9月11日(火) 18:35~20:00

日本建築協会会議室

出席者 菅原小委員長ほか3名

- 議事 (1) 第2回現場見学会の検討
(2) 新パンフレットの検討

第6回2040委員会

9月19日(水) 19:30~23:00

PARK Lab.

出席者 駒井リーダーほか5名

- 議事 (1) 企画内容
(2) 今後の委員会活動
(3) 建築業界の2040

2040委員会

9月25日(火) 17:00~

電通国際情報サービス

出席者 駒井リーダーほか6名

森田浩史氏とのトークセッション

第8回U-35委員会

9月10日(月) 19:30~

安井建築設計事務所会議室

出席者 宮武リーダーほか9名

- 議事 (1) 活動/予定
(2) 次回予定/その他

見学会

情報見学小委員会 主催

「大光電機株式会社技術研究所」見学会

9月19日(水) 13:30~15:40

講師 ㈱大林組 西森史裕氏
大光電機㈱ 安東克幸氏

委員 大森委員ほか2名

参加者 29名

情報見学小委員会 主催

第35回茶室見学会「飛雲閣と茶室憶昔席の修理工事現場」

9月29日(土) 13:30~16:45

講師 イケダ数寄屋研究所 池田俊彦氏
京都府文化財保護課 森田卓郎氏

委員 夏井委員ほか3名

参加者 32名

編集委員会 (平成30年度)

■副会長

米井 寛

■編集担当理事

木谷 晃之

○勝山 太郎

佐藤 榮一

杉本 浩

竹中 統一

西 博康

松崎 公一

船越 淳久

吉村 英祐

■副委員長

○戸川 勝之

■特集小委員会

■計画分科会

★計画系

飯田 匡

鈴木 克彦

△田中 直人

松田奈緒子

守井 辰

吉村 英祐

★建築計画系

神戸 嘉也

△桑原 悠樹

下坂 浩和

中辻 浩介

東 拓郎

樋口 展寛

松岡 英緯

三谷 帯介

米山 剛史

渡部 剛

★(インテリア・住宅系)

赤川貴世友

今井 充彦

岩田 圭司

川合 隆之

河西 孝平

△黒柳 亮

塚口 洋之

ベリー史子

■構造分科会

宇野 綾真

岡田 健

岸本 光平

瀧野 敦夫

△角田 耕一

種原 学

松本 裕之

宮久保秀樹

向井 洋一

■設備分科会

有尾清二郎

木谷 晃之

北野 勝也

佐々木章二

寺井 千佳

夏井 重行

△橋本 直樹

梶井 貴廣

宮崎ひろ志

森山 正和

山本 雅洋

■施工材料分科会

門野 陽

桜井 和男

△高橋 秀一

藤丸 啓一

山口 紀宏

山崎 順二

吉田 正友

吉居 哲

■法令分科会

植平 浩司

岡田 耕介

△垣内 明

河野 学

高田 大輔

福岡 誉顕

■作品作風小委員会

▲東井 嘉信

居内 章夫

池上 明

稲垣 和江

太田 栄治

加嶋 章博

菊池 浩輔

倉瀬奈千子

澤田 純一

高木 秀晃

榎野 淳司

西田 佳代

芳谷 晴彦

平野 尉仁

増田 敬彦

■広告企画小委員会

小川 雄介

金築 雄

小山 昭

野山 将男

藤田 昌宏

▲前田 衛

山辻 直樹

(順不同)

◎委員長

○副委員長

▲小委員会委員長

△幹事

印刷 2018年10月29日

発行 2018年11月1日

発行人 一般社団法人日本建築協会

大阪市中央区大手前1-7-31

電話 06-6946-6981

印刷所 ㈱中島弘文堂印刷所

定価 1230円(税込)

◎「建築と社会」誌の記事の無断転載を禁じます

**お客様の抱える問題やニーズに
より速やかに、より丁寧に対応できるように**

企画・デザイン、制作、製版、印刷

株式会社 中島弘文堂印刷所

本 社 〒537-0002 大阪市東成区深江南2丁目6番8号
TEL.06-6976-8761 / FAX.06-6976-8765

東京支社 〒101-0052 東京都千代田区神田小川町1丁目4-2 風雲堂別館ビル2階
TEL.03-3526-5580 / FAX.03-3526-5582

<http://www.n-kobundo.co.jp/>

地球環境を守り、100年建築に貢献する

NACL のアルミ表面処理

株式会社 日本電気化学工業所

<http://nacl.jp> E-mail: sc@nacl.co.jp

本部営業部 〒560-0036 大阪府豊中市蛍池西町2丁目7番26号 NACLビル2階

TEL (06)6843-1235(代) FAX (06)6853-1632

東京事務所 〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目6-7

TEL (03)3862-0978(代) FAX (03)3862-7098

年間広告のご案内

会誌「建築と社会」では、後付部分に
広告スペースを設けております。

1年を通じて、社名広告を掲載されませんか？

掲載期間：4月号～翌年3月号までの1年間

掲 載 料：48,000円（消費税込み）

サ イ ズ：1/12頁（タテ40mm×ヨコ90mm）

※毎月掲載誌をご送付します。

※原稿は1年間同じ原稿を使用します。

お問い合わせ先

一般社団法人 日本建築協会 内山・井筒

TEL：06-6946-6981 FAX：06-6946-6984 E-mail：koukoku@aj.or.jp

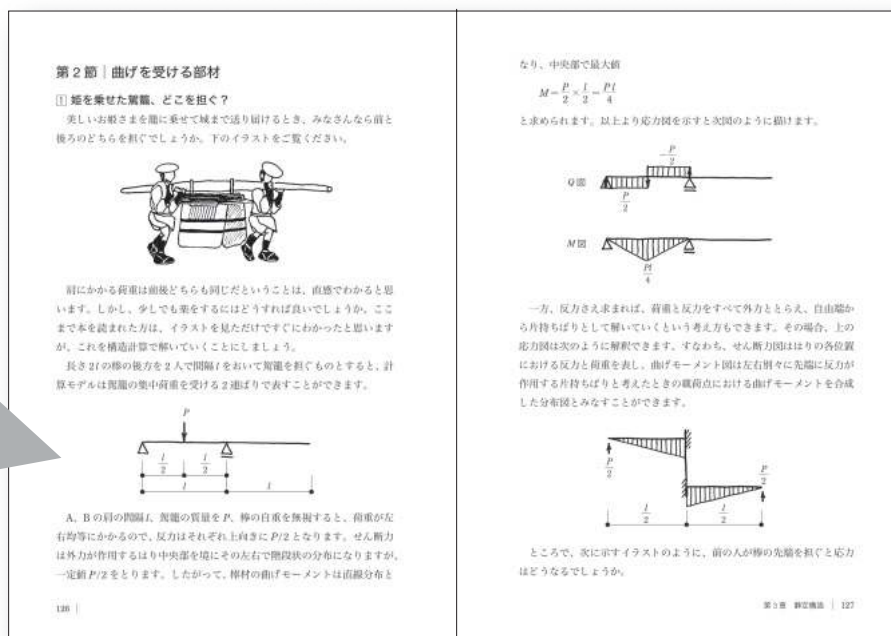
◆ 第3回 建築セミナー ◆

主催：日本建築協会出版委員会 共催：学芸出版社

日本建築協会出版委員会では、「建築の本」の著者をお招きし、手軽にご参加いただける連続セミナーを開催しています。第3回として日本建築協会企画『直感で理解する！構造力学の基本』の出版を記念して実施いたします。お気軽にご参加ください。

直感で理解する！ 構造力学の基本

講師：山浦晋弘 氏



『直感で理解する！構造力学の基本』では、手描きイラストをもとに構造力学の基本をやさしく解説しました。力学とその先にある構造設計の楽しさをお伝えできればと思います。

〈講師プロフィール〉

山浦 晋弘 (やまうらの ぶひろ)

1984年に大阪市立大学大学院工学研究科（建築学専攻）修了後、株式会社安井建築設計事務所入社、現在同社構造部長。2010年より大阪市立大学非常勤講師として「建築構造学」「設計演習」を担当。一級建築士、構造設計一級建築士、JSCA建築構造士、APECエンジニア。著書に『直感で理解する！構造設計の基本』（学芸出版社、2016年）

このセミナーは、建築 CPD 情報提供制度認定プログラムです。建築関連 CPD（2単位）

日時：2018年11月21日(水)
18:00～20:00(17:45開場)

場所：TOTOテクニカルセンター大阪
大阪市中央区久太郎町3-6-8御堂筋ダイワビル2階 地下鉄本町駅から徒歩4分

参加費：テキスト購入＋受講3800円
受講のみ1500円（※日本建築協会会員と学生はテキスト購入＋受講3300円、受講のみ1000円）

定員：50名

使用テキスト：山浦晋弘著『直感で理解する！構造力学の基本』
A5判・216頁・本体2400円＋税

※当日はテキストを税込2592円⇒税込特価2300円で販売します。

【申込み方法】

下記を記載の上、メールもしくはFAXにてお申込ください。

①催し名(第3回建築セミナー)②氏名(ふりがな)③所属④会員・一般・学生の別⑤当日の書籍購入希望の有無⑥受講票郵送先住所⑦電話番号⑧E-mail アドレス⑨CPDを申請される方は申請先団体名と番号

申込先：(一社)日本建築協会 TEL 06-6946-6981 FAX 06-6946-6984

E-mail:hensyu2@aaj.or.jp(担当：入谷)

