



土木史フォーラム

Newsletter of Committee on Historical Studies in Civil Engineering
Japan Society of Civil Engineers

No.45、46 2015.5

目 次

委員長から	Web の更新にあたり	鈴木 圭	1
フォーラム	ロベール・マイヤールの橋のデザインから見えること	鈴木 圭	2
地域のニュース	立山砂防の世界文化遺産登録にむけて	松嶋 末信・荒井 沙耶佳	11
フォーラム	感性イノベーションー人間中心イノベーションの時代	椎塚 久雄	13
学会の動き	第 34 回土木史研究発表会報告	選奨土木遺産選考委員会	19
学会ニュース	第 35 回土木史研究発表会の開催について		20
土木史関係図書		横松 宗次	20

委員長から

Web の更新にあたり

土木史研究委員会 広報小委員会委員長 鈴木 圭

昨年は土木学会の 100 周年を迎える年にあたり様々な土木学会の活動に関連するイベントが行われました。土木史研究会も、2014 年 11 月 18 日の土木の日に向けて、Web のリニューアルの準備を行い、この日に合わせてオープン致しました。

新しい Web では「土木史とは？」というテーマについて、歴代のフォーラム執筆者の中から、土木史とは何か？研究は何を目指すべきか？教育はどのようにすべきか？等、様々な論を展開して下さった先輩諸氏の論文に光を当て、その要約をして掲載しています。まだ整備すべきところもありますが、これらはじっくりと取り組んでいきたいと思っています。

さて、Web は HTML という言語を使って作られているために、誰でも簡単にメンテナンスできないというところに課題があります。例えば、これまでフォーラムの掲載や、イベント情報の掲載にあたっては、大学院生等のご協力を頂きながら実施してきました。特に、これまでご協力を頂いた大学、担当された教授、学生の皆様には、改めて御礼申し上げたいと思います。しかし、これからは、各大学で順番にメンテナンスを行っていくことが負担であることがわかりました。これは、広報小委員会においても同じことが言えます。

誰でも気軽に編集ができるものといえば、Facebook やツイッターがあります。一方で、

HTML の優れた点の一つは、フォーラムのような第 1 巻から第 44 巻までの資料を継続的にストックして、いつでも引き出して見ることができるシステムになっていることです。この点、Facebook やツイッターでは、古いものは時系列で整理されるため、シリーズとして管理することや、簡単に探したりすることが難しくなっています。そこが Web の良いところでもあります。この言語を自由に取り扱うには、それなりの知識と経験が必要になります。

そこで、広報小委員会では、Web のリニューアルとイベント情報やフォーラムの掲載については、外注としてお願いする案を検討し、費用的にも予算以内で対応して下さる会社を公募で検討しました。これで、広報小委員会としても、Web については、実際に記事を掲載する作業の心配をすることがなくなりましたので、本来の記事の編集や、土木史研究会として行っていくべきテーマを発掘すること等に集中することができるようになりました。この 45 号がその最初の号となります。いつもより見やすくなった Web をご覧頂き、会員の皆様からのご意見を反映したいと思います。

—ロベール・マイヤールの橋のデザインから見えること—

土木史研究委員会 広報小委員会委員長 鈴木 圭

1. 土木史とは何かを考えるきっかけ

土木史委員会のWebをリニューアルするにあたり、天野委員長に土木史とは何か？をテーマに記事を書いてくださいと気楽にお願いしたところ、これはそんなに容易なテーマではないことに気が付いた。土木の中で、取り組むテーマや、仕事の内容によっても異なるため、色々な考え方があり。そこで、歴代のフォーラムの執筆者の中で、土木史に関して語っている記事を紹介することが面白いのではないかと考えて、土木史とは？という何やらお堅いタイトルで特集を試みた。これが、土木史とは何か？についての歴史を振り返ることになった。

さて、そういう自分も何故、土木史に惹かれるようになったのか、それを語ることが一番ではないかと考え、今回は、自分が土木史に興味を持ったことから語りたい。土木史は、定年になってから始めようという方もいらっしゃるかもしれないが、自分にとっては、こんなに面白いことを、何故、定年まで待たなくてはいけないのですか、という気持ちがする。丁度、25年前、当時私はPC橋梁やPC卵形消化槽のようなプレストレストコンクリート構造物を設計・施工する仕事をしていたが、たまたま、西ドイツのディビダーク社に研修に行かせて頂く機会を得て、1989年10月末にドイツに渡った。11月10日の日、ラジオからケネディ大統領のベルリンでの有名な演説「私は一、ベルリン市民である。」が聞こえてきた。翌日、町がやけに騒がしく、ベルリンでお祭りがあったのですかと聞いたところ、それどころではないような雰囲気であった。ベルリンの壁が崩壊するという歴史的な事件が起こったことは、3日後に読んだ日本の新聞で知った。ドイツ語学校に通いはじめてから数日後のことで、何が何だかわけもわからない状況であった。

3か月の語学勉強を終えて、ドイツ語も十分な知識もなかったが、研修先のミュンヘンに向かい、さっそくミュンヘン工科大学の近くの本屋を訪ねたところ、見覚えのある橋の写真を見つけた（写真1）。スイスの橋梁エンジニアである、ロベール・マイヤール（1872-1940）の設計したサルギナトーベルというコンクリートアーチ橋の白黒写真であった。最初の印象は、何か、グロテスクな橋だなという印象と、どこかで、見た記憶があるということであった。ところが、巻末に地図があり、サルギナトーベル橋の

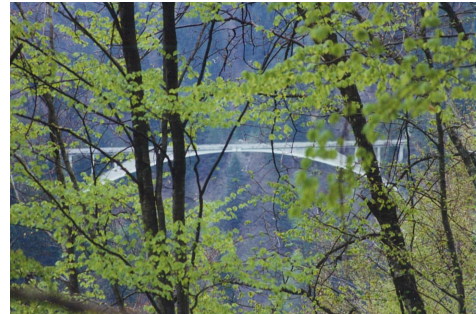


写真1 サルギナトーベル橋

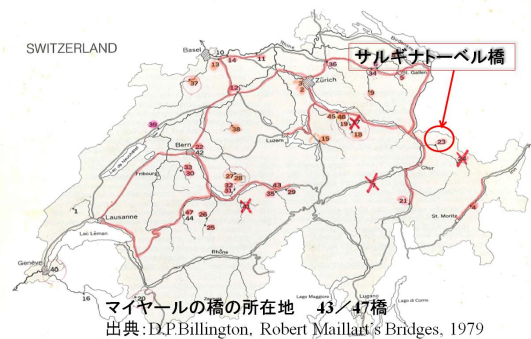


図1 マイヤールの設計した橋の所在地

場所が示されているのを知り、この橋はまだ、存在するのだということを知った（図1）。さっそく、矢も楯もたまず、翌日、スイスに向かって車を飛ばし、雪の中のサルギナトーベル橋を見た。この美しい橋梁フォルムに感激しながら、一方で、何故、こんなに美しい橋があることを教えてくれなかったのだろうか？という、憤りに似た感情が沸き起こったことを覚えている。

2. マイヤールのアーチ橋のフォルム

マイヤールが設計した橋梁とはどのような造形であるのか、ここでマイヤールの経歴と併せて彼が設計した橋梁を視覚的に把握しておこう。（表1）にマイヤールが設計した鉄筋コンクリート橋を無筋コンクリートアーチ・ブロックアーチ、3ヒンジ式箱桁アーチおよび補剛桁アーチの3つのタイプに分類し、それぞれの構造の起源となった橋梁とそれから派生した橋梁を示す。マイヤールの才能が高く評価された橋梁は、彼が1897年にチューリッヒ市の土木課に就職して最初に設計した3ヒンジ式無筋コンクリートアーチであるシュタウフファッハー橋（Stauffacher）（1899年）（写真2）である。橋のファサードは石材で擬装されているため、マイヤールの鉄筋コンクリート橋とは見えないが、当時はチュー

表1 マイヤールが設計した代表的な鉄筋コンクリートアーチとそのバリエーション

年代	主な経歴	鉄筋コンクリートアーチ コンクリートブロックアーチ	3ヒンジ式箱桁アーチ	補剛桁アーチ
1872	2/6ベルンに生まれる。			
1879	チューリッヒ工科大学に材料試験所を設立 初代所長アトマイヤー		箱桁断面の起源	
1888 1889				
1890	チューリッヒ工科大入学			マイヤール式補剛アーチの試み
1894	Diplomを取得し、チューリッヒ工大卒業 Punten und Hezog社入社	シュタウプファハー橋（1899年）道路 無蓋 53.9m	箱桁断面の多径間への応用	
1895			多室箱桁断面の多径間への応用	
1896 1897 1898	チューリッヒ市土木局に移籍 シュタウプファハー橋の設計に従事			
1899	フローテ・ヴェスターマン建設会社に移籍			フリエングリバッハ橋(1923年) 道路 38.7m
1900	-	アルブルク橋（1912年）道路 固定式 68m	ビルビル橋（1901年）2SP 道路 2室箱桁 36m	
1901	- を妻社		ラインフェルデン橋（1912年）5SP 道路 6室箱桁 40m	
1902	Mallart & Cie（チューリッヒ）設立 箱桁アーチ橋の特許（Nr. 25712）	ブロックアーチの起源	マイヤール式3ヒンジアーチの	マイヤール式補剛アーチの起源
1903 1906 1907				
1908	ビルツデッキの特許(Nr. 46926)			
1909 1910 1911	コンクリートブロック工法の特許（Nr. 56981） EIHで鉄筋コンクリート構造について講演		タバナサ橋（1905年）道路 1室箱桁	ファルツシールバッハ橋（1925年）道路 43.2m
1912 1913		ラウフェンブルク橋（1911年）道路 ブロック 41.2m		
1919	ロシア滞在中、第一次世界大戦に遭遇 財産全て没出し、チューリッヒに帰国 エンジニアリング会社として(Mallart & Cie) 再建	ブロックアーチの長大化	マイヤール式3ヒンジアーチのパリエーション	マイヤール式補剛アーチのパリエーション
1920	ジュネーブに本社を移す			
1921	論文SBZ：曲げに関する疑問を発表			
1922				
1923	ヴェギタール(Weggital) のフリエングリバッハ橋			
1924				
1925	ドンツァハ(Donsch)の道路橋 フォル・チール橋(Val-tschiel) に曲線型鋼アーチを採用			
1926	論文SBZ：スイスと米国における下縁引張りのない床版			
1927 1928 1929				
1930	クロスター(Kloster) 鉄道橋に曲線補剛アーチを採用 リギナーデル橋1列の3ヒンジアーチを採用			
1931	論文Bauteingenieur：軽量鉄筋コンクリート橋を発表	ローヌ橋(1930年) 道路 ブロック 80m	サルゼナードネル橋(1930年) 道路 1室箱桁 50m	フォルセック橋(1933年) 道路 1室箱桁×2列 72m
1932				クロスター橋(1930年) 鉄道 曲線橋 30m
1933	シュバントバッハ橋に曲線補剛アーチを採用 トゥール川橋(Thor)に2列の3ヒンジアーチを採用			ボールドバッハ橋(1922年) 道路 曲線橋 14.4m
1934	テス(Tess)歩道橋に補剛アーチを採用 論文SBZ：曲線鉄筋コンクリートアーチ橋を発表 論文 Le Génie civil：鉄筋コンクリート橋の施工、橋の景観に関する考察			
1935	ヴェッツシー橋(Vessy)に3列の3ヒンジアーチを採用			
1936	論文SBZ：鉄筋コンクリートに関する現実的な疑問を発表			
1937				
1938	チューリッヒの展示場で増肉シェルのセメントホールをマイヤール没す			
1939				
1940				
	* SP：スパンを表す	リースベルク橋（1936年）鉄道 2主軸桁 3 SP 10.4m+22m+10.4m	ヴェッゲン橋（1936年）道路 1室箱桁×3列 58m	ラグベン橋(1940年) 道路 鋼橋 1室箱桁×2列 40m
				ズグタル橋(1931年) 道路 斜橋 30m
				テス川橋（1934年）歩道 38m



写真2 シュタウフファッハー橋 1899年



写真3 ツオツ橋 1901年

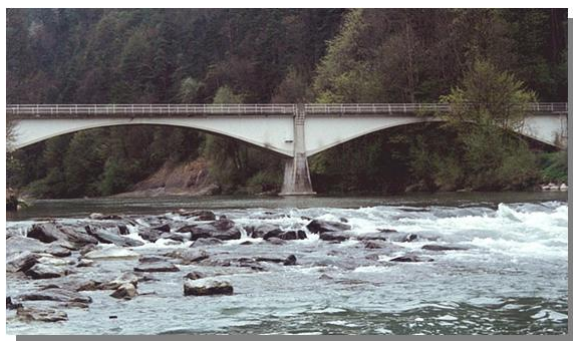


写真4 ビルビール橋 1904年

リッヒ市の景観については建築家のグスタフ・グル（G. Gull）が責任者であり、彼が石橋の重厚な景観を演出したことによる。1901年に竣工した3ヒンジ式箱桁アーチ橋のツオツ（Zuoz）橋（写真3）を設計したことが、マイヤール独特の橋梁フォルムを生み出すきっかけとなった。以下にそれぞれのアーチ橋タイプの起源と橋梁フォルムの発展について概括する。

(1) 箱桁断面の起源と発展

マイヤールはシュタウフファッハー橋の完成とともに市を退職し、1899年にフローテ・ヴェスターマン社に就職する。1901年に3ヒンジ式箱桁橋のツオツ橋を設計するが、ツオツ橋とシュタウフファッハー橋との構造的な違いは、第一に、アーチ部を箱桁断面としたこと。第二に、アーチリブに鉄筋を配置したこと。第三に、シュタウフファッハー橋も3

ヒンジ式であるが中央部に鉛製の金属ヒンジを採用したのに対し、ツオツ橋では、コンクリートヒンジを採用したことである。景観的特徴として、ツオツ橋の側面から見た景観は、アーチクラウン部に向けて桁高が絞り込まれていることが分かる。これを構造的に成立させるためには、高強度のコンクリートをアーチ部に使い、さらに中央ヒンジ部には高強度のコンクリートヒンジを使うことである。何故なら、ヒンジとして金属製ヒンジを使うと中央部のコンクリート断面内にヒンジをアンカーボルト等で固定するためコンクリート断面の桁高が大きくなることが上げられる。さらにコンクリートヒンジを採用した場合、桁高を絞り込むことによって断面積が小さくなるため圧縮応力度が高くなる。このため高強度コンクリートを使うのが構造的な解決策となる。果たして鉄筋コンクリート指針も制定されていない1901年において、高強度コンクリートが使える状況にあったのか、筆者の疑問はそこから始まった。

3ヒンジ式箱桁橋のバリエーションとしては、ビルビール（Billvill）橋（1904年）（写真4）に見られるように多径間に応用すること。また、広幅員10.5mの道路橋に適用するためラインフェルデン橋（1912）に見られるように箱桁断面を機軸直角方向に並べることによって、ツオツ橋では2室であったが、5室に拡大したことである。ラインフェルデン（Rheinfelden）橋（写真5）は、1908年12月末にライン河を挟んでスイスとドイツの国境に架ける橋を対象として国際設計競技が実施され、ドイツのメルシュ、オーストリアのメラン等、当時のヨーロッパにおけるコンクリート橋の権威者が参加した。設計の対象は、中島を挟む2橋で、アーチスパンは2@22.0mとドイツ側が3径間でアーチスパンは31.6m+40.0m+31.6mの3径間アーチであり、マイヤールは2位となった。最終的には、この2位の案が施工されることになったが、その経緯についてはスイスにおける設計競技の内容について調査する必要があるが、著者の考えでは、マイヤールの鉄筋コンクリート橋に関する設計・施工実績等が評価されて



写真5 フラインフェルデン 1908年

実施案として採用されたものと推察する。マイヤールは箱桁断面のバリエーションとして、多径間・多室箱桁断面へと展開した点が特徴といえる。ここで、マイヤールの鉄筋コンクリートアーチに関する考えを理解するために、1902年に取得した箱桁断面を有するアーチ橋の特許（No. 25712）を見てみよう。

『コンクリート製の縦壁は橋軸方向壁aを構成し、アーチ板bおよび床版cとともに鉄d（結合鉄筋）によって強固に結合される。床版とそれを支持する縦壁は、荷重をアーチ梁に伝達するだけではなく、3つの部材を1つの梁として統一するための構成部材であり、提案した実施事例（図2）に示すように大きな断面2次モーメントを有する箱桁断面となる。この構造は通常のアーチに比較して圧縮線の変化に対して敏感ではない点に特長がある。軸方向のすべての部材を有効に結合した新しい梁は、少ない材料で大きな剛性を有する。』

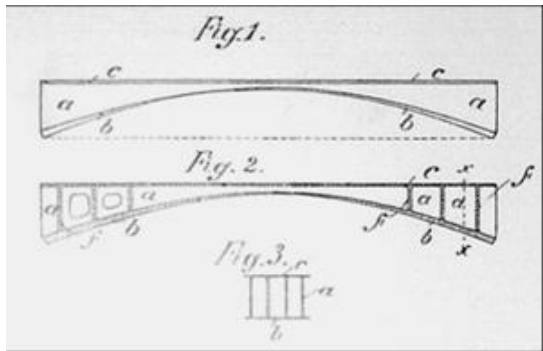


図2 コンクリートアーチに関する特許

橋梁構造に関する1902年の特許から、アーチリブ、鉛直壁、床版の部材はスレンダーにすることで重量を軽くし、3つの部材を空間的に統一することによって最も効率的な構造フォルムを得ることができると考えていたことが分かる。工学的に重要な点は、第一に、箱桁断面とすることによって荷重に抵抗する桁の断面2次モーメントを大きくできること、第二に、コンクリート材料を節約できることを指摘した点である。これは、現代の箱桁構造の原理そのものである。この点がマイヤールの構造技術者としての才覚を現したものであるといえる。この特許によって、マイヤールは箱桁アーチ橋の設計においては他のエンジニアの追随を許さない地位を獲得したといえる。一方、この特許図の中に、鉛直壁に開口部を空ける考えも示されている。1923年にフリエングリバッハ橋で初めて試みたマイヤール式補剛アーチの起源を示すものとして重要である。しかし、この1902年の時点では、床版の剛性を高めて活荷重に抵抗させ、アーチは薄い版として軸力のみを伝達させる機構、いわゆる補剛アーチの構造特性につ

いては述べていない。また、この特許ではヒンジについての記述がない点に注意する必要がある。何故なら、コンクリート橋にヒンジを導入する考えはすでに存在し、特許を取られていた可能性が高いからである。

(2)コンクリートブロックアーチの起源と発展

マイヤールの橋の中で、あまり知られていないタイプのアーチ橋が、ラウフェンブルク橋（Laufenburg）（1912年）（写真6）である。これは一見すると石橋に見えるが、石積みアーチと同じ原理で、石材の代わりにコンクリートブロックを使った橋である。

1909年にライン河を挟んでスイスとドイツの国境に架ける橋を対象として国際設計競技が実施され2位となった。マイヤールのコンクリートブロックアーチは、一見すると石橋に見えるが、アーチクラウン部が極めてスレンダーで、伝統的な側面と近代的な側面の両方の特性を持ち併せることが景観的に評価された。この国際設計競技でもマイヤールは2位であったが、提案したデザインで施工されることになった。コンクリートブロックアーチの展開としてはスパンの長大化であり、1930年に竣工したベルン市内のロレーヌ橋（Lorraine）（写真7）においてアーチスパン80mを有する巨大なコンクリートブロックアーチを実現した。



写真6 ラウフェンブルク橋（RCブロック）



写真7 ロレーヌ橋 1930年（RCブロック）

(3) 3 ヒンジ式箱桁アーチの起源と展開



写真8 サルギナトーベル橋 1930年

マイヤール式コンクリートアーチの代表作として知られるのはサルギナトーベル橋(1930年)である(写真8)。本橋は1990年にマイヤールの研究家である米国プリンストン大学のピリントン教授を団長とする調査団が訪れ、歴史的土木遺産として認定された。タバナサ橋(1905年)は、サルギナトーベル橋を代表とする3ヒンジ箱桁アーチの構造フォルムの起源となった橋である。景観的共通点は、アーチクラウン部がスレンダーであること。ツオツ橋と最も大きく異なる点は、アーチ付け根のウェブが三角形にカットされたことである。アーチの付け根にコンクリートヒンジを使い、ヒンジ部に向かってアーチを絞り込むことによってマイヤール独特の3ヒンジ式箱桁アーチのフォルムが生まれる。このタバナサ橋によってプロトタイプが完成した。バリエーションとして、高速道路橋の大きな活荷重に対応するため、フェルゼック橋(1933年)(写真9)に見られるようにアーチ下線のラインを尖塔アーチ形状とし、さらにアーチ上縁を多角形とすることによって箱桁断面の桁高を大きくし、活荷重に抵抗する断面剛性を上げるデザインとした。このタイプとしてはヴェッシー橋(Vessy)(1936年)(写真10)があり、広幅員9.8mの道路橋であるためアーチを橋軸直角方向に間隔をあけて3本並べた橋となった。また、ラッヘン橋(Lachen)(1940年)(写真11)では斜橋に対処するために、2基のアーチを互いに橋軸方向に



写真10 ヴェッシー橋 1940年(撮影:大野美代子)

ずらしたデザインが実現した。側面の景観として双子のアーチが橋軸方向にずれて見えるユニークなフォルムといえる。ガールシュタット橋(Garstatt)(1940年)(写真12)では、施工の合理化を狙って、コンクリート支保工・型枠の施工を合理化するためアーチ下縁を直線とするデザインを採用した。このように様々な地形や活荷重強度、幅員等の変化に対応させて3ヒンジ式箱桁アーチを生み出した点がマイヤールのデザインの特徴であり、ここに構造とデザインの両面に秀でたマイヤールの発想を垣間見ることができる。ここで、現在のデザイン的な観点から見て、何故、マイヤールの3ヒンジ式箱桁アーチの中央ヒンジ部がスレンダーであったのか、というシュタウフファッハー橋の場合と同じ疑問が沸いてくる。つまり何故、これほどにスレンダーなアーチリブが1924年の時点で何故可能であったのかという疑問である。

(4) 補剛アーチの起源と展開

1902年の特許図には、補剛アーチの起源を思わせる形が表現されている。補剛アーチとは英語ではDeck-stiffened Archと称し、床版の剛性を高めたアーチ橋と表現される。アーチリブ、鉛直壁はスレンダーな板部材とすることでアーチ重量を軽くできることが特徴である。この特徴について、マイヤールは、1931年にドイツの専門誌Der Bauingenieurに発表した論文『スイスにおける新しい鉄筋コンク

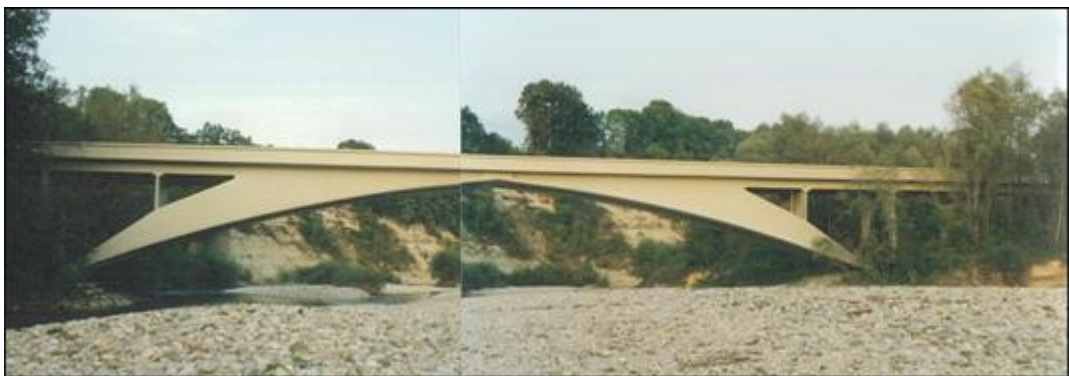


写真9 フェルゼック橋 1933年



写真11 ラッヘン橋 1940年



写真12 ガールシュタット橋 1940年

リート橋』の中で、アーチ橋の荷重伝達機構に関して床版が荷重の伝達に寄与していることが荷重載荷試験によって判明したと述べている^{注1)}。ここで、マールヤーの構造デザインに関するコンセプトは実規模の荷重試験に基づいていることが明らかとなった。補剛アーチの構造デザインの特徴は、第一に活荷重による曲げモーメントに対して床版が抵抗するように高欄を構造部材の一つとして活用し、高欄と床版の曲げ剛性を高めたこと。第二にアーチリブには軸力しか伝達させないという考え方であった。

(写真13)に示すアーチスパン43.2mのファルツシールバッハ橋(1924年)の側面フォルムに床版とコンクリート高欄が一体化したデザインを見ることができる。補剛アーチを最初に適用したのは、ヴェギタール発電会社がダムを建設するにあたり、湖水周辺道路整備の一環として1923年に建設したアーチスパン39.5mのフリエングリバッハ橋とアーチスパン28.8mのシュレーバッハ橋(Schlebach)(写真14)、およびツィゲンバッハ橋(Ziggenbach)(写真15)である。このうちフリエングリバッハ橋は、別の橋に架け替えられており、現在は存在しない。すでに1902年の特出願からは20年が経過していたため、誰でもこのフォルムを実施できる状況にあったが、アーチリブの厚さが22cmとあまりにスレンダーであったため、当時のエンジニアから見れば、これほどスレンダーな橋は構造的に成立す



写真13 ファルツシールバッハ橋 1924年



写真14 シュレーバッハ橋 1923年



写真15 ツィゲンバッハ橋 1923年

る訳がないと考えていた節がある^{注2)}。1924年に完成したシュレーバッハ橋は、完成後、コンクリートの配合材料に凍結融解作用に耐久性のない材料を使ったことによってコンクリートが損傷したため、対策として吹付コンクリートが側壁構築に使われたと報告されている^{注3)}。この補剛アーチのバリエーションとしてアーチ橋を曲線橋に適用したシュバントバッハ橋(1933年)(写真16)は、マールヤーの独創性を物語る代表的な作品であり、アーチ橋を曲げて架設することはできないという当時の常識の殻を突き破ったものといえる。補剛アーチを鉄道橋の曲線橋に適用したのがクロスター橋(1930年)であり道路橋の斜橋に適用したのがスピタル橋(1931年)である。テス川橋(1933年)においては、アーチスパン38mでありながら、アーチスラブの厚さは14cmという驚異的な薄さを実現した。



写真 16 シュバントバッハ橋 1933 年

このようにマイヤールの設計した橋梁に共通して言えることは、部材が極めてスレンダーであり、マイヤールは 1901 年のツオツ橋の設計を手掛けて以来、鉄筋コンクリートの強度において、高強度コンクリートを使えるという絶対的な自信があったのではないかという推論ができる。ここで、マイヤールの設計した橋梁について、使用されたコンクリート強度を調査したので、3 ヒンジ式箱桁アーチと補剛アーチについてそれぞれ表 2 と表 3 に示す。3 ヒンジ式箱桁アーチの代表例としては、ツオツ橋は 20cmX20cmX60cm の角柱供試体強度で 36 N/mm²、であり、1909 年の設計基準強度が 16 N/mm²であることを考えると 2 倍の強度を有している^{註4)}。サルギナトーベル橋は 27N/mm²、フェルゼック橋は 40N/mm²であるが 1931 年の設計強度は 24 N/mm²であることを考えれば、バラつきはあるものの、マイヤールは、高強度コンクリートを使っていたといえる。補剛アーチ橋の代表例として、ファルツシーラバッハ橋で 40N/mm²、シュバントバッハ橋で 46 N/mm²が使われている。シュレーバッハ橋で、凍結融解作用が問題になったのは、使用したコンクリートの強度が 21 N/mm²と低かったためである。

ドイツの橋梁設計家である J.シュライヒはマイヤールの没後 50 年の展示会で、『マイヤールと我達?』と題した講演で、マイヤールの常に新しい橋梁フォルムを生み出そうとしている姿勢を高く評価した。これはシュライヒ自身が常に新しい構造を生み出そうという姿勢で取り組んでいるエンジニアであり、歴史的な橋梁エンジニアに対する尊敬の念を失わず、いまでもその姿勢から多くのことを学べるというシュライヒの歴史的エンジニアに対する姿勢を述べたものと理解できる。このシュライヒの発言は、ドイツ、スイス、フランスの橋梁デザインは、現代においても、時代を超えて受け継がれるエンジニアの系譜があることを示唆する発言といえる。

3.マイヤールの発想を現代に活かしてみると

歴史の物語はこれで終わらない。歴史は現代に活かしてこそ意味がある。マイヤールの美しい形態が生まれた理由は、一つには新しいコンクリート材料、つまり、高強度コンクリートを使ったからである。それならば、もし現代の私たちが超高強度コンクリートを使ったらどのような橋梁フォルムが生まれるのか試してみたいとなる。そこで以下にマイヤールのコンセプトを現代に実現しようとして試みた一つの解として AKIBA Bridge (写真 17) のデザインを紹介する。超高強度コンクリートを使うことによって、スパン（橋脚間の長さ）を長く、しかも桁高を低くすることができるので、桁のスレンダーな印象を醸し出す構造が実現できそうである。しかしながら、イギリスとフランスのミレニアムブリッジプロジェクト (写真 18) で問題となった、橋を細く、スレンダーにすればするほど、橋は揺れやすくなる。これは、吊り橋や鋼橋でも同じことであるが、課題は、スレンダーな橋を実現するとき、橋の振動問題をどう解決するかということが問われてくる。スパンを長くすることによって橋脚間が長くなるため、30N/mm² クラスのコンクリート構造では 3 径間となるため不可能であった橋脚間にロータリーの一部を入れて、タクシーから降りる人が雨に当たらないように屋根の役割を付加することもできた。



写真 17 AKIBA Bridge (2006 年)



写真 18 ミレニアムブリッジ (英) (2002 年)

表2 3 ヒンジ箱桁アーチ橋の設計規準とコンクリート強度

No.	橋 名	竣工年 (年)	適用規準	平面線形	コンクリート強度	
					w β d (kg/cm ²)	p β d (kg/cm ²)
1	ツオツ橋	1901	—	直線	450 (67年)	360
2	ビルヴィル橋	1904	1903年	直線	—	—
3	タバナサ橋	1905	1903年	直線	285 (22年)	228
4	サルギナトーベル橋	1930	1915年	直線	333 (28日)	270
5	ロスグラーベン橋	1932	1931/32年	直線	410	328 (60日)
6	フェルゼック橋	1933	1931/32年	直線	500	400
7	ベッシー橋	1936	1935年	直線	400 (37日)	350 (28日)
8	ガールシュタット橋	1939	1935年	斜橋	—	—
9	アルテンドルフ橋	1940	1935年	斜橋	—	—

注1) w β dは20cm×20cm×20cmの立方供体強度、
p β dは20cm×20cm×60cmの角柱供体強度を示す。
は、p β d=0.8×w β dとして、筆者が換算した値を示す。

表3 補剛アーチ橋の設計規準とコンクリート強度

No.	橋 名	竣工年 (年)	適用規準	平面線形	コンクリート強度	
					w β d (kg/cm ²)	p β d (kg/cm ²)
1	フリエングリバッハ橋	1924	1915年	直線	280	224
2	シュレーバッハ橋	1924	1915年	直線	280	210 (75日)
3	ファルツシールバッハ橋	1925	1915年	曲線	500 (1年)	400
4	シュピタール橋	1931	1915年	斜橋	—	—
5	トラウバッハ橋	1932	1931/32年	直線	260	210 (75日)
6	シュバントバッハ橋	1933	1931/32年	曲線	575 (1.6年)	460
7	テス橋	1940	1935年	直線	—	—

注1) w β dは20cm×20cm×20cmの立方供体強度、
p β dは20cm×20cm×60cmの角柱供体強度を示す。
は、p β d=0.8×w β dとして、筆者が換算した値を示す。



写真19 AKIBA Bridge の桁下の工夫

振動の問題解決の方法の一つを種明しすると、桁に質量を付加して橋の固有振動数を変えることである。

隣接するビルからのアプローチデッキを接続して(写真19)、その荷重を AKIBA Bridge に掛けることによって2径間だけの固有振動を変えて揺れにくい固有振動数に変更した。マイヤールの橋を調査していると、マイヤールの思想を直接理解したいと

いう想いに駆られたが、幸いなことにマイヤールが設計した橋については、彼自身がスイス建設新聞 SBZ (Schweizerische Bauzeitung) に執筆した論文が多数あり、これを読むことができる。当時は、この建設新聞はチューリッヒ工科大学の図書館にしか発見できなかったのも、よくチューリッヒに通ったものである。実は、京都大学吉田キャンパスの図書館にも保存されているので、日本でも読むことができる。今後は、マイヤールの研究がさらに進展することを期待したい。1990 年はマイヤール没後 50 年に当り、彼の図面や手紙を娘の Marie Robert Maillart 夫人が夫の協力を得ながら収集され、その展示会が開催されていた。その解説員の方からマイヤールが設計した図面がチューリッヒ工科大学に寄贈されたことを知った。この論文と図面を収集したことは自分にとっても大きな成果であり、ドイツ語を使えるようになったことは、その後の人生に大きな変化を与えてくれたと考える。

特に、シュツットガルト工科大学の Jörg Schlaich 教授にマイヤールの写真集を差し上げたことが契機

となってお付き合いが始まり、1996 年の Conceptual design of structures の国際会議にご招待頂いた。御子息でベルリン工科大学の Mike Schlaich 教授とも知り合うことができた。また、チェコのブルノ工科大学の Jiri Strasky 教授とも 25 年来の友人である。振り返ってみると、マイヤールは私にとって、デザインと土木史の道を開いてくれた人物だけではなく、その後の自分の人生にも大きく影響していることを感じる。

注記

注 1) 文献 1)、1930 年に施工された鉄道橋であるランドクアールト橋 (アーチスパン: 30.0m、アーチライズ: 7.9m、補剛アーチ、2 ヒンジ構造) の実橋を使った荷重裁荷試験の事例を紹介しており、2 連の機関車 (それぞれの重量が 65tf) を時速 35km/h で走行させ、ブレーキを掛けた時の計測結果を以下のよう示している。特に、補剛桁の 1/4 地点での曲げ圧縮、引張応力度を見ると、活荷重が補剛桁の 1/4 に偏載した時に応答する応力度であることがわかる。

アーチ頂部最大下方変位: 0.6mm
 アーチ 1/4 点の最大下方変位: 1.2mm
 アーチ 1/4 点の最大上方変位: 0.5mm

補剛桁 1/4 点の最大縁応力度
 $\begin{cases} +8\text{kg/cm}^2 \text{ (圧縮)} \\ -13\text{kg/cm}^2 \text{ (引張)} \end{cases}$

アーチ付根の最大縁応力度
 $\begin{cases} +9\text{kg/cm}^2 \text{ (圧縮)} \\ -5\text{kg/cm}^2 \text{ (引張)} \end{cases}$

アーチ 1/4 点の最大縁応力度
 $\begin{cases} +5.5\text{kg/cm}^2 \text{ (圧縮)} \\ 0\text{g/cm}^2 \end{cases}$

注 2) アウトバーンのエンジニアで 1933 年に橋梁景観論を執筆した Hermann Rukwied はマイヤールの補剛アーチの一つであるファルツシールバッハ橋を取り上げ、アーチリブが細すぎて、構造的に座屈を起こしそうで心配であると述べている。

注 3) Max Will が 1949 年に執筆した『Robert Maillart』のシュレーバッハ橋の中で、補剛アーチ橋に側壁が取り付けられた理由を凍結融解作用によってコンクリートが損傷したためと書いているが、マイヤールの橋梁を使って、完成後、荷重載荷試験を行ったチューリッヒ材料試験所の教授であったミルコ・ロッシュの文献 5 の報告では、1925 年 11 月に測定を行い、良好な結果であったと報告されている。従って、1926 年～1949 年の間に、壁が施工されたものと推定できるが、その真相については今後調査する必要があると考える。

注 4) 鉄筋コンクリートの設計基準 (案) はスイスで 1903 年に最初に制定され、1909 年にコンクリート指針として正式に公布された。表 4 にスイス、フランス、ドイツで制定された鉄筋コンクリートの設計強度、許容応力度を示す。ツォツ橋は、1901 年に竣工したので設計強度に関する指針は、設計当時は制定されていなかったが、1903 年の設計強度は 1909 年と同じであるためポルトランドセメント (P.C.) を使った 16N/mm^2 が相当する。1931 年には高強度ポルトランドセメント (H.P.C.) の使用が認められ 24N/mm^2 になった。このように当時の鉄筋コンクリート指針に示された設計強度に比較して、マイヤールの橋は大きなコンクリート強度が発現していたことから、マイヤールが高強度のコンクリートを使っていたことがわかる。

参考文献

- 1) R. Maillart, pp166, Heft 10, 『Der Bauingenieur』 März 6, 1931

表 4 スイス、フランス、ドイツにおける鉄筋コンクリート設計強度と許容応力度

国別	単位: kg/cm^2							
	スイス			フランス			ドイツ	
	改定年	1909年	1931年	改定年	1930年	1931年	改定年	1931年
セメント	P. C.	P. C.	H. P. C.	P. C.	P. C.	H. P. C.	P. C.	H. P. C.
設計強度	160 (16)	175 (17.5)	240 (24)	130 (13)	160 (16)	200 (20)	130 (13)	160 (16)
軸圧縮応力度	35 (3.5)	40 (4.0)	50 (5.0)	50 (5.0)	70 (7.0)	90 (9.0)	35 (3.5)	45 (4.5)
縁圧縮応力度	45 (4.5)	65 (6.5)	85 (8.5)	50 (5.0)	70 (7.0)	90 (9.0)	Max50 (5.0)	Max65 (6.5)
曲げ応力度	40 (4.0)	75 (7.5)	100 (10)	50 (5.0)	70 (7.0)	90 (9.0)	Max50 (5.0)	Max65 (6.5)
曲げ圧縮応力度	Max70 (7.0)	Max90 (9.0)	120 (12)	—	—	—	—	—
普通鉄筋	1200 (120)	1200 (120)	1200 (120)	1400 (140)			1200 (120)	
引張応力度	1500 (150)	1500 (150)	1600 (160)	Max1600 (160)				
高張力鉄筋	—	—	1600 (160)	1900 (190)			1500 (150)	
引張応力度	—	—	2000 (200)	Max2100 (210)				

注) 応力度に関する () の値は (N/mm^2) P.C.は普通ポルトランドセメント、H.P.C.は高強度ポルトランドセメントを示す。

— 地域のニュース —

立山砂防の世界文化遺産登録に向けて

富山県知事政策局

松島 吉信・荒井 沙耶佳

1. 立山カルデラの防災遺産

富山平野では安政5年(1858)に推定M7.1という巨大な飛越地震が発生し、立山カルデラからの流出土砂で、常願寺川流域は甚大な被害を受けた。近代になってから、デ・レーケや富山県による治山治水事業が進められ、大正15年(1926)以降は「日本の砂防の父」と称される赤木正雄博士をはじめとする卓越した技術者の英知と努力により、白岩堰堤砂防施設などの近代砂防施設群が設けられた。これらは70年以上を経た現在でも現役の基幹施設として重要な役割を果たしている。

富山県と関係団体等は協力して、立山砂防を世界に類をみない「防災遺産」として世界文化遺産に登録されるよう、様々な取組みを進めている。

2. 立山カルデラの歴史的砂防施設群

本紙第41号において、立山カルデラの歴史的な砂防施設群を紹介したが、あらためて主要施設の概要を以下に整理する。

① 白岩堰堤砂防施設

水源崩壊地の土砂かん止等を目的とした大規模な基幹構造物で、昭和14年(1939)に建設された。本堰堤、副堰堤、床固、方格枠の4所で構成される。堰堤は63m(副堤も含めると108m)を誇る大規模な施設で、平成21年に砂防施設としては初の国重要文化財に指定された。

② 本宮砂防堰堤

貯砂を目的とした大規模な基幹堰堤で、昭和12年(1937)に竣工した。貯砂量は我が国最大の500万 m^3 を誇る。我が国初の貯砂目的の大堰堤で、本堤は堤長107m、越流部堤高22mを測る。平成11年に国の登録有形文化財に登録された。

③ 泥谷堰堤群

立山カルデラ内に侵食の拡大防止を目的として建設された階段式砂防堰堤である。標高差122m、延長467mの急斜面に、砂防堰堤20基と床固3基が連続的に築かれ、昭和13年(1938)に竣工した。平成14年に国の登録有形文化財に登録された。

④ 旧県営砂防施設

明治39年(1906)から始められた県営事業の砂防施設群で、遺構調査によって53施設が存在を確認で

きた。内訳は24施設の溪間工と29施設の山腹工で、空石積み構造となっている。また、記録資料からは336箇所(箇所)の砂防施設の建設を把握できるが、その多くは水害等によって煙滅したと考えられる。

⑤ 立山砂防工事専用軌道

立山砂防事務所から工事出張所までの17.7kmに、標高差640mを登はんするために敷かれた砂防工事専用のいわゆるトロッキ軌道である。大正15年(1926)年に計画され、昭和6年(1931)に開通して、軌道の原型がつけられた。現在も砂防事業の大動脈であり、軌道の敷地は平成18年には国の登録記念物に登録された。



白岩堰堤砂防施設

3. 顕著な普遍的価値と比較分析調査

世界遺産として登録されるために必要な「顕著な普遍的価値」を検証するため、平成21年から3箇年かけて国内外の砂防専門家による国際砂防フォーラムを、平成24・25年には世界遺産の有識者による世界遺産シンポジウムを開催した。

その結果、立山砂防の世界的な「顕著な普遍的価値」として、次の3点を確認することができた。

- ① 災害が多い国で生まれた防災の総合技術
- ② 世界の中で日本の総合的な水系管理技術が、近代における到達点
- ③ 立山砂防が近代的な砂防技術のひとつの典型

さらに、平成26年度の世界遺産登録推進フォーラムでは、既に登録されている世界文化遺産との比較分析を行い、現時点で次のように整理した。

- ① 「防災」をコンセプトとした事例は存在せず、独自性のある提案であること

②「水管理システム」としては9件の世界文化遺産を抽出できたが、いずれも砂防施設ではないこと

今後、詳細な事例研究と内容把握を進め、立山砂防は独自性のある文化遺産であることを立証したい。

4. ふるさと教育としての取組み

立山砂防は厳しい自然条件の中で、営々と進められてきた歴史的な防災遺産である。この貴重な遺産を保存・継承するためには、何よりも次世代を担う若者にその重要性を理解してもらうことが大切であり、富山県や関係機関等は、次のような取組みを進めている。

【ユースプログラムの開催】

県内の大学等で学ぶ大学生を対象とし、立山カルデラや防災遺産を学び、将来の世界遺産を担う人材育成を目的としたカリキュラムであり、平成25年度から始められた。今年度は19名の学生が参加し、8月21日から4日間の日程で開催された。文化庁の文化財調査官や世界遺産を専門とする大学教授の講義や、立山カルデラでの実見といったメニューで実施された。受講者の代表者3名は、11月の国際フォーラムにおいてその成果を発表し、映画制作による世界へのアピールといった提言を行った。

【子供防災教室の開催】

一般社団法人斜面防災対策技術協会富山支部では、斜面防災の取組みの重要性を子供たちに知ってもらうことを目的として、平成25年度から常願寺川流域の小学生を対象とした体験学習会を開催している。今年は9月12日に快晴のもと、富山市立上滝小学校6年生の生徒や教員ら39名が参加した。子供たちはスケールの大きな砂防事業に驚き、また、自分たちが生活している土地と住民の安全のために進められている砂防工事の大切さを体感することができた。

【立山砂防体験学習会の開催】

立山カルデラ砂防博物館では、通常は入山できない立山カルデラを専門の解説員とともに訪れ、自然、歴史、砂防事業などを参加者自らの目で確かめ、学習できるよう立山カルデラ砂防体験学習会を毎年、実施している。一般県民等が対象で、7月から10月までの約30回の学習会で年間1,000名前後の参加者で実施されている。ふるさと富山の土地と住まいする人々を、災害から守り続けている立山砂防の重要性をあらためて認識できる機会として、好評を博している企画である。

5. 関係団体の取組み

富山県内では、世界文化遺産登録を見据え、立山砂防の重要性と魅力を普及啓発・情報発信などを目的とした次のような団体が、積極的な活動を進めて

いる。

【立山砂防女性サロンの会の活動】

立山カルデラ一帯の砂防事業を女性の視点からサポートすることを目的として平成13年に設立された団体で、現在は約300名の会員で組織されている。国内外の砂防事業を視察し、講演会等をとおして防災への理解を進め、その重要性を会員の周囲や家族に積極的に伝えて行こうという「立山の語り部」という性格を有している。ヨーロッパ、アジア、北米の被災地などにも訪れ、現地の子供たちや住民との交流を積極的に深めている。

【立山・黒部ゆめクラブの活動】

「立山・黒部」の世界文化遺産登録への提案を契機として、県民を挙げてその魅力を学び、磨き上げ、その価値を国内外にアピールしていくことを目的として、平成20年に設立された組織である。現在約4,000名の会員で構成される。主な事業としては、立山・黒部地域を巡る各種ツアー、講演会、映像上映会などであり、世界文化遺産登録のサポートをとおし、「ふるさと富山の魅力再発見」という役割を果たしている。

6. まとめ

近年、私たち日本では、自然災害に対する防災の意識が高まっており、降雨量の増大や規模の大きな台風などへの対処として、「砂防」の重要性がますます増大していることが実感される。

先人が営々と築いてきた歴史的砂防施設群の構造、歴史、意義などについて、世界文化遺産登録の運動をとおして広く国内外にアピールすることは、時節を得た取組みと考えられる。立山砂防は、未来へ引き継ぐかけがえのない人類共通の宝物であり、今後も積極的に登録に向けて取組んでまいりたい。



ユースプログラム

子供防災教室

 フォーラム

感性イノベーションー人間中心イノベーションの時代

(株) 椎塚感性工学研究所 代表取締役 椎塚久雄

1. まえがき

個人消費の低迷は経済の発展に大きく影響することは論を待たないであろう。時代の流れと共に人々の消費の形態は変わってきている。つまり、現代では、高性能、高信頼性の製品を作っても一般の人々は必ずしも買ってくれない時代になっている。これまで日本の製品は「高機能」、「高品質」、「低価格」の3つの軸を基にして販売していたが、人々の価値観が変わった現代において個人消費の低迷を改善するためには、4番目の軸として「感性」を付け加えることが重要な要になることを考えなければならぬ時代に突入している。

このことは、次のような、歴史的な流れからも説明することができる。20世紀はいわば機械が中心の世紀であったが、21世紀はあらゆる意味で人間が主体となり、人間との親和性、および人間の住む自然環境、社会環境との親和性が、より良い、より勝れた科学技術として評価されることが期待されている。したがって、先端科学技術の研究・開発・導入は技術コミュニティのみでは決められないようになることが予測され、21世紀に持ち越されたこのような諸課題は、いわゆる、縦割り技術によって解決することはできないであろうと言われている[1]。たとえば、人文・社会科学系の分野の人達との連携・協力の必要性はきわめて大であり、技術者の技術的研究だけでは不可能な時代に突入し、今日、このような問題は社会技術全般にわたって問題が散乱していると言っても過言ではない。よって、従来型の問題解決法では対応できなくなりつつあるのが実状である。人類に幸福をもたらす成熟した技術は分野横断型の科学技術の中にあり、21世紀になって解決すべき問題は、従来の枠組みではとらえられない問題が山積しており、明らかに解くべき科学技術の問題が変わりつつある。その中で最も重要視されなければならないのは「感性」に着目した研究の中に見いだすことが期待されている[2]。

感性工学は、感性という「**価値の発見**」と活用によって、社会に資することを目的とする学問である。感性は、外界からの刺激に対する表象であり、主観的であり、論理的に説明しにくい行動である。論理だけでは説明しにくい「心のフィット感」に注目し感性価値を得るための方法を科学するのが感性工学である。

一方、企業が生き延びるためには、たゆまないイノベーションが必要である。しかし、イノベーションという言葉は「言うは易く行うは難し」である。

本稿では、感性がイノベーションに果たす役割について焦点を当ていくつかの視点から述べてみたい。

2. いま私たちが望んでいること

2.1 機能重視から“使用感”の時代に

上でも述べたように、お客様のニーズは、商品の機能的な面より、その色や形などのデザインや感性面に向いている。機能重視から使用感 (taste) の時代になった現在では、デザイン性なども含めたセンスのよさが、商品の売れ行きを左右する大きなポイントとなっている。したがって、この時代に勝ち残るためには、まず、次のようなことが重要な要因となってくるであろう。

①デザインや感性に対する意識を高めること。

②デザインに限らずビジネスのセンスも同じこと。

2.2 製品を使うことが目的ではない

つまり、いまの時代、ユーザは製品を使うことが目的ではないのである。自社で提供する製品やサービスについて、ユーザのために重視していることがあるとしたら何であろうか。機能や品質の高さか、安全性か、あるいは使いやすさか。製造業において、これらはいずれも重要な指標であるが、これらは製品という“モノ側”の視点の考え方である。

2.3 嬉しい体験が重要

製品を使うユーザの側、つまり“ヒト側”の視点から製品やサービスを考えると、その製品やサービスを使うことによって嬉しいこと、ありがたいことがあるからこそ、使ってくれる、使い続けてくれているはずである。

例えば、炊飯器の場合、ユーザは炊飯器を使いたいからご飯を炊くわけではない。ユーザの目的は、おいしいご飯を家族に食べてもらうことである。

高機能で高品質な炊飯器を使うのは、こうしたユーザの価値を実現するための手段である。どんなにおいしい炊き方ができる炊飯器でも、使い方が分からなければユーザにとっては無意味で、後片付けがすごく大変だったら使用後の印象は大きく損なわれてしまう。

2.4 ユーザの本質は“満足感”

視点を変えると、ユーザは製品が持つ機能や品質

この満足感は、目には見えない「感性価値」をいかにしたら創造することができるかにかかっている。

感性とは何かを“いいな”と思う“気持”である。すなわち、「感性」とは、何かの刺激を受けて、いいなと思う気持ちであるから、その刺激として、具体的に、美しいもの、ハイテクノロジーなもの、行為として気に入っているもの、グッドデザインなものなど、実際の商品、ライフスタイル、人生哲学など広範囲なものが考えられる。したがって、「感性」を捉えるときは、人間の内面の意識だけでは理解できない。そこにはいいなと思う気持ちの「対象」が存在しなければならないのである。

情報処理モデル

体験

意味／価値

情報

いくら出しても欲しい
安くても欲しくない

情報 (インプット)

情報 (人)

理性

行動 (アウトプット)

感性はシステムとして捉え実用的な視点から定義するのが最も妥当な方法であろう。なぜならば、こ

現在、デザイン思考やユーザエクスペリエンス (UX) 等をはじめとして、感性に関連する、あるいは感性をとりまく諸問題が多く存在している。気になる関連するいくつかのキーワードを図3に示す。これらのキーワードは、現在直面する主な問題に関連する重要な要因を含んでいる。

A conceptual map centered on the word '感性' (Sensitivity/Emotion). The map consists of several blue ovals containing related terms, connected by lines. The terms include:

- 感性表現 (Sensitivity Expression)
- 感性獲得 (Sensitivity Acquisition)
- デザイン思考 (Design Thinking)
- ユーザの感性と記憶 (User's Sensitivity and Memory)
- サービスと感性 (Service and Sensitivity)
- 感性価値イノベーション (Sensitivity Value Innovation)
- UXDと感性 (UXD and Sensitivity)
- 感性価値創造 (Sensitivity Value Creation)
- 感性と商品開発 (Sensitivity and Product Development)
- 感性的認識プロセス (Sensitivity Recognition Process)
- 感性的行動への影響 (Impact on Sensitivity Behavior)
- USDと感性 (USD and Sensitivity)
- 感性価値∞ユーザ満足度 (Sensitivity Value ∞ User Satisfaction)
- 感性の指標・計測法 (Sensitivity Indicators and Measurement Methods)
- ブランド価値への影響 (Impact on Brand Value)
- 感性の表現・測定・評価 (Sensitivity Expression, Measurement, and Evaluation)
- 魅力的感性 (Attractive Sensitivity)
- 感性価値 (Sensitivity Value)
- 感性マーケティング (Sensitivity Marketing)

段階	内容
第1段階 (80年代)	技術と情報がコモディティ化とグローバル化を引き起こす段階
第2段階 (90年代)	コモディティ化に伴う空洞化、アウトソーシングの時代
第3段階 (現在)	デザイン戦略が「シックスシグマ」を代替し始めるとこである
第4段階	創造的イノベーションが成長する時代
第5段階	新しい「イノベーションDNA」をもつ創造的企業が勃興する社会が登場する

マとは、事業経営の中で起こるミスやエラー、欠陥品の発生確率を 100 万分の 3.4 のレベルにすることを目標に推進する継続的な経営品質改革活動のことである。

図 4 に示すように、現在は創造性の時代であり、デザイン・イノベーションの中にあるが、さらにその先には、感性デザイン・イノベーションが期待されている。

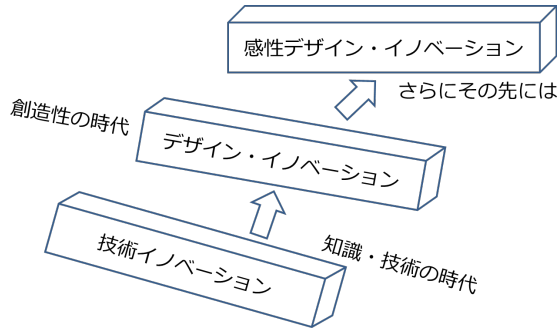


図 4 新しいビジネスの流れ



図 5 脱コモディティ化（差別化）の一例

さて、現在は、知識がコモディティ（commodity）化している時代であり、どんな知識でも、インターネットの普及により得ることができる。コモディティ化は、市場に流通している商品がメーカーごとの個性を失い、消費者にとってはどこのメーカーの品を購入しても大差ない状態のことである。たとえば、図 5 に示す HEINZ のトマトケチャップは、逆に置くのが通常であり、そこに際だった個性があり、明確な差別化がアピールされている。

コモディティ化には、幾つかの要因があるが、消費者にとっては商品選択の基準が販売価格（市場価格）の違いしかないことから市場原理の常としてメーカー側は「より安い商品」を投入するしかなくなり結果的に、それら製品カテゴリに属する製品の価格が下がる傾向があり、反面企業にしてみれば価格競争で安く商品を提供せざるを得ず、また、儲け幅（利益すなわち商品として扱ううまみ）が減ること

もあり、企業収益を圧迫する傾向がある。

消費者にとっては商品選択の基準が販売価格（市場価格）の違いしかないことから市場原理の常としてメーカー側は「より安い商品」を投入するしかなくなり結果的に、それら製品カテゴリに属する製品の価格が下がる傾向があり、反面企業にしてみれば価格競争で安く商品を提供せざるを得ず、また、儲け幅（利益すなわち商品として扱ううまみ）が減ることもあり、企業収益を圧迫する傾向がある。

この淘汰圧力はメーカー側にとっては収益を上げにくくなる一方で、新規参入のハードルが下がり競争が激化するなど負の側面も目立つが、消費者側では均質化と低価格化をもたらし、必要なものが一定の品質で安く豊富に市場に流通するため入手しやすくなるメリットもある。

コモディティ化回避の企業戦略としては、付加価値の付与による多機能化など差別化戦略があるが、過剰に機能を追加しても過剰性能で消費者にアピールできない場合もあり、ブランドイメージ戦略も各々のメーカーが同程度の力を注いでいる場合は並列化するまでの時間稼ぎにしかならず、差別化戦略にも限界が存在する。

したがって、デザイン思考の最終目標は、競争戦略的な体質を捨てて、感性価値創造に着目して創造性を重視する組織へと変わることである。

6. 感性イノベーション

イノベーションという言葉を世に広めたのは、オーストリアの経済学者シュンペーターだと言われている。シュンペーターは、経済発展の理論(1929 年)の中でイノベーションを新結合(new combination)と呼び、次の 5 類型を提示した[4]。

- (1) 消費者の間でまだ知られていない財貨、あるいは新しい品質の財貨の生産
- (2) 新しい生産方法の導入
- (3) 新しい販路・市場の開拓
- (4) 原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得
- (5) 独占的地位の形成あるいは独占の打破（新しい組織の実現）

シュンペーターのイノベーションの 5 類型は、大きく技術イノベーション(1, 2)と経営イノベーション(3, 4, 5)の 2 つに分類できる。しかし、そのどちらにも属さない、第 3 のイノベーションとして、感性イノベーション（Affective Innovation）が必要である。

6.1 現代的なイノベーション

したがって、イノベーションは、図 6 に示すように「技術」、「経営」、「感性」の 3 つの軸を持つ 3 次元空間で表すことができる[5]。特に、感性イノベー

ションは、ブランドや信頼感、QOLのような、論理の側面ではなく「心のフィット感」といった広い意味での感性を追究する変革が必要である。

このように、イノベーションとは、経済的、社会的価値を生み出すあらゆる改革行為（≠技術革新）であり、技術革新を指すものではない。

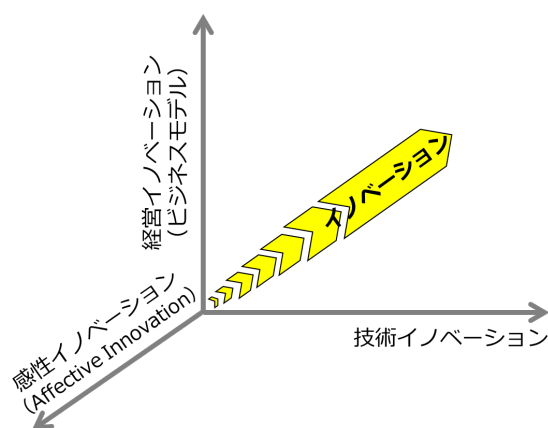


図6 現代的なイノベーションの概念（必ずしも各座標は直交している必要ない）

イノベーションの3つの要素「技術、経営、感性」のうち、感性イノベーションは人々が本当に望んでいるものであり、今後はさらに、感性イノベーションを意識して進めていくことが重要になろう。

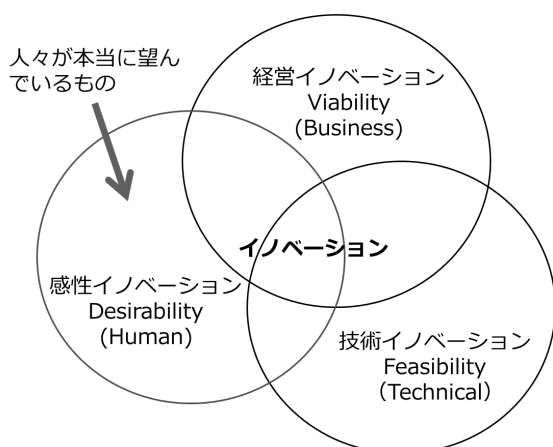


図7 イノベーションの要素（IDEO との対応）

6.2 破壊的イノベーション

破壊的技術（disruptive technology）とは、従来の価値基準のもとではむしろ性能を低下させるが、新しい価値基準の下では従来製品よりも優れた特長を持つ新技術のことである。また、破壊的技術がもたらす変化を破壊的イノベーションという。これは、1995年に、Christensen が Joseph Bower との共著論文にて発表した[6]。

持続的技術とは、主流市場の主要顧客が評価する性能指標（すなわち、従来の価値基準）のもとで性能を向上させる新技術のことである。持続的技術がもたらす変化を、持続的イノベーションという。

破壊的技術とは、従来の価値基準の下では従来製品よりも性能を低下させるが、新しい異なる価値基準のもとでいくつかの優れた特長を持つ新技術のことである。いくつかの優れた特長は低価格・シンプル・使い勝手のよさなどであることが多い。破壊的技術は優れた特長を有しながらも従来の価値基準では性能的に劣るので主流市場では地位を得られない。かわりに破壊的技術の優れた特長を高く評価する、小規模で新しい市場を創出することになる。新たな価値基準の下で顧客を得た破壊的技術は持続的技術により少しずつ従来の価値基準で評価される性能をも進化させていく。

破壊的技術の性能が進歩し、主流市場の主要顧客の要求する性能的水準を満たすようになると、破壊的技術によって従来技術が代替される。この間、従来技術も持続的技術により性能を進歩させるが、それらはしばしば顧客の要求水準をはるかに上回る状態に陥る。そのため、顧客の要求水準を十分に満たし、かつ従来技術にはない優れた特長を有する破壊的技術が性能的に優れる従来技術を代替することになる。

ある時期に市場をリードする優良企業が新技術への対応に失敗して地位を失う現象はイノベーション研究のテーマの一つである[6]。

6.3 ジャンプする感性的な思考「回遊」の導入

ブレイクスルー（breakthrough）は、今までの常識や壁を打開し、既存のパラダイムから抜け出すことである。どんなイノベーションにも、必ず、ブレイクスルーが存在する[5]。ここで、イノベーションを次のタイプ0～タイプ3の4つに分類する。

タイプ0：現在の延長線上のもので、**パラダイム持続型イノベーション**と呼ぶ。これは、演繹的な発想で本質的なイノベーションにはつながらない（次章の図8参照）。

タイプ1：一度、“知の考察”の領域に入り、新たな知の創造「アブダクション的思考（abductive thinking）を行うことで**既存のパラダイムを破壊するイノベーション**」を実現する。

タイプ2：同じ技術でも「**回遊（感性的視点での意味の洞察）**」を行うことで、新たな意味を付け変えて「**破壊的イノベーション**」となる。この“回遊”とは“transilient”からの意識である。これは、ある状態から他の状態へ急変することを意味する。この急変は、大きな企業ではなかなか動きがとれないかもしれない。ベンチャー企業ならではの動きがここ

にある。

タイプ3: タイプ1とタイプ2を組み合わせたもので、「**回遊的アブダクション**」を行うことによって、「最もインパクトのあるイノベーション」となる。

さて、この「回遊」には「感性イノベーション」を意識することが重要であり、業界や技術分野を飛び越える（越境する）ことが必要である。この飛び越えには、演繹や帰納を使った思考方法は不向きで、アブダクション的な思考方法を用いる必要がある。そこに回遊的アブダクションの意味がある。

7. アブダクション

パースは、推論には「演繹」と「帰納」に加えて、「アブダクション」の3つがあることを示した。これら3つの推論のパターンは図8のように示すことができる。

パースがアブダクションを提案するまでは、帰納が経験的事実の世界に関する知識を拡張するための唯一の科学的方法と考えられていた。しかし、帰納は科学的発見の方法ではなく、科学には帰納のほかに、アブダクションというもう一つの種類の「拡張的推論」が存在し、そのアブダクションが科学的発見において最も重要な役割を果たすのである。

「洞察」と「推論」はアブダクションにおける2つの段階を成している。アブダクションは、最初にくっつかの仮説を思いつくままに提示する示唆的な段階と、それらの仮説のなかから最も正しいと思われる「もっともらしい (plausibility)」仮説を選ぶ熟慮的な推論の段階から成り立っている。

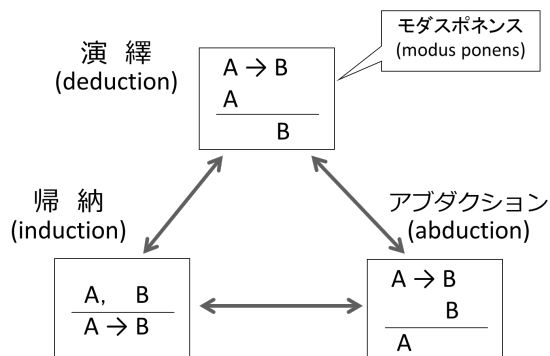


図8 推論の3つのパターン

回遊的アブダクションの基本的な発想は、アブダクション的思考（推論）によって、既存のパラダイムを破壊するイノベーションで既存のアイデアを破壊して、さらにその後、回遊を行うことで、新たな意味を付け変えて「破壊的イノベーション」を導くことになる。このようにすることによって、最もインパクトのあるイノベーションに導くことができると考えられる。

8. 感性をとらえる「感性ハニカム」

感性イノベーションを実現するには、感性そのものをしっかりと捉えなければならない。図10は、感性をきわめる七つ道具として筆者によって提案されている「感性ハニカム」を示す[2]。さらに、この図は、「感性」、「感性工学」、「感性」の3つの領域マップを示したものである。

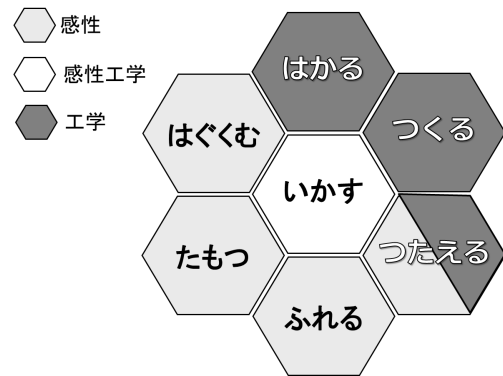


図10 感性ハニカムとその領域マップ

表2 感性をきわめる七つ道具

項目	内容
はぐくむ	初等教育、日本語教育、社会（コミュニティ）、家族、共生（障がい）、スポーツ、スキルサイエンス、遊び、ゲーム
ふれる	認知、感情（オントロジー）、ヒューマンインタフェイス、倫理、哲学、宗教、異文化
たもつ	モチベーション、健康（福祉・ヘルスケア）、QOL（ターミナルケア）、安全・安心、美（かわいさ、若さ、美しさ）、いやし（リラックス）、環境（自然）
つたえる	感性コミュニケーション（バーバル・ノンバーバル）、可視化、マルチメディア、Web・インターネット、文化（文化継承）、音楽、アート（絵画）
はかる	脳科学（生理計測）、感性評価（SD法、AHP）、質的研究、ラフ集合・ファジィ、行動観察（エスノメソドロジー）、人間工学、データマイニング、テキストマイニング
つくる	創造性、知識創造、景観、料理、CG、VR、ロボティクス、エンタテインメント、ファッション、フードサービス
いかす	デザイン、意思決定、マーケティング、建築、インテリア、アパレル、センサー（センシング）、経営、MOT・MOD、知的財産

表2は、感性ハニカムの各項目の内容を示したものである。これは、感性工学ハンドブック[2]の基本的な内容構成に基づいている。感性イノベーションを具体的に行うにはどのようにしたらよいのか。これは究極の課題である。図12は、感性イノベーションの軸に「感性ハニカム」を乗せたものである。実

際のイノベーションの現場では、“回遊”と“感性”をどのように扱うのが重要な課題となるであろう。

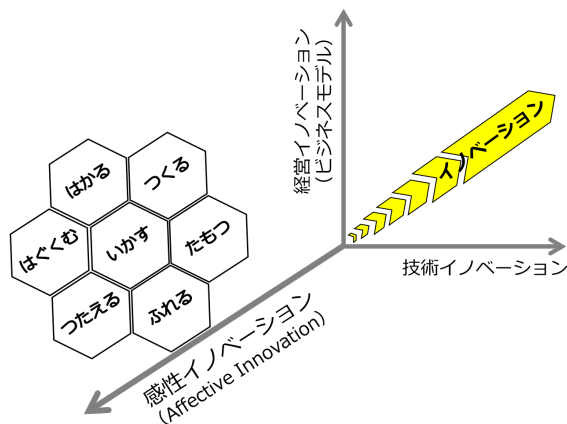


図12 感性イノベーションが重要な役割を演じる

5. むすび

本稿ではまず、感性の基本的な捉え方を紹介し、最近の感性関連のキーワードから、現在何が問題となっているのかを紹介した。人々が求めているものは、人の心に響く商品であり、サービスである。必ずしも、高性能・高品質なプロダクトを求めているわけではない。それが感性との関わりの中で重要な役割を示していることも述べた。これからの社会で重要なことは、感性とイノベーションとの関わりについて明らかにすることである。それは未解決の課題が多くあるが、ここではその問題点の概略を紹介した。感性イノベーションについては、今後益々重要性が増してくるであろう。今後の展開に期待したい。

参考文献

- [1] 椎塚久雄:感性システムのフレームワークと感性工学の展望、感性工学、Vol. 6、No. 4、pp. 3-16、2006年12月。
- [2] 椎塚久雄:感性とは、感性工学ハンドブック（椎塚久雄編）、pp. 1-10、朝倉書店、2013年。
- [3] 電通感性工学ユニット:そそるマーケティング、ダイヤモンド社、2011年
- [4] シュムペーター著（塩野・中山・東畑共訳）:経済発展の理論（上）、岩波文庫、白147-1、1977年
- [5] https://www.youtube.com/watch?v=1-DgMQz_IUk
- [6] Bower, Joseph L. & Christensen, Clayton M.: Disruptive Technologies: Catching the Wave, Harvard Business Review, January-February 1995.

— 学会の動き —

「第34回土木史研究発表会」報告

土木史研究委員会 広報小委員会委員長 鈴木 圭

2014年6月21日（土）・22日（日）の両日、日本大学・生産工学部 津田沼キャンパスにおいて、第34回土木史研究発表会が開催された。発表会は11テーマについて計50編の発表があり、二日間の参加者は約130人となった。土木学会100周年記念事業の一環で、貴重な図面を紹介したガイドブックHands Eyesに関するポスター展も併設して紹介された。

また、金曜日には、東京都の紅林様を中心に職員の皆様にご協力を頂き、永代橋、豊海橋、中央大橋、佃大橋、勝鬨橋をご案内頂き、勝鬨橋の変電所の跡地にある「かちどき 橋の資料館」で歴史的資料や映画を見せて頂いた。勝鬨橋の機械室には、片持ち梁で橋を跳ね上げる機構があり、開通した昭和15年当時の図面とともに、素晴らしい技術を保有していたことを実感した（写真1）。



写真1 隅田川橋梁の見学会

特別講演では、清水英範氏に「ジョサイア・コンドルの官庁集中計画に関する研究」について講演して頂き、資料は自ら探されるという姿勢で、国会議事堂が現在の場所に計画される経緯を解き明かされた。大変、興味深い講演であった。

今年は土木学会100周年に当たるため、討論会企画として「各委員会から見た今後の土木史研究のあり方」と題し、松浦先生、島谷先生、越後様、今先生、榊山様からご紹介があった。「直木倫太郎と宮本武之輔」に関する出版や、Hands Eyesという貴重な図面を紹介したガイドブックの出版等紹介された。特別企画は2つあり、「関東大震災90年」のセッションでは、帝都復興事業について、小学校、

市立病院建設事業や、耐火建に築についての講演があり、震災をきっかけにコンクリート構造が普及していくことを学んだ。「土木遺産とまちづくり」では土木遺産に関する地域住民の意識調査や、歴史的風致維持計画認定都市における土木施設整備状況について、国交省からの発表もあり、大変、興味深く聞くことができた。

発表会では、9テーマについて発表が行われたが、特に、土木史教育について、現場で取り組んでいられる先生方からの発表があり、前向きな姿勢が印象的であった。出村先生、真田先生は、土木史教育の発表で優秀発表賞を受賞された。土木史が他の先生方にも興味をもって、行われるという状況が理想的であろう。優秀発表者は 大澤正春様、出村嘉史様、真田順子様 の3名でした。おめでとうございます（写真2）。



写真2 優秀発表者 出村、真田、大澤先生

「第 35 回土木史研究発表会」の開催について

土木史研究委員会（委員長：天野光一・日本大学理工学部教授）では、第 35 回土木史研究発表会を 2015 年 6 月 20～21 日、会場：熊本大学工学部で実施します。参加申し込み方法は、6 月 10 日(水)までに Web からお申し込み下さい。<http://www.jsce.or.jp/event/active/information.asp>

なお、参加費の支払いは、事前入金制になっておりますので、詳細は、土木史研究会Webをご覧ください。

6月19日（金）開催の見学会については、参加ご希望の方は、6月12日（金）までに、必ず事前申し込みをしてください。氏名、所属、住所、電話番号、メールアドレス、希望コースを下記までご連絡ください。熊本大学工学部社会環境工学科 中島幸香（TEL:096-342-3598、Mail:yucca@kumamoto-u.ac.jp）。詳細については、下記「開催校HP」をご覧ください。

<http://www.civil.kumamoto-u.ac.jp/keikan/dobokushi2015.html>

1. 主 催：土木学会（担当：土木史研究委員会）
2. 期 日：2015 年 6 月 20 日（土）～21 日（日）
3. 会 場：熊本大学工学部 2 号館（熊本市中央区黒髪 2 丁目）
4. プログラム：土木学会土木史研究会 Web のリンク先をご覧ください。
5. 問合せ先：土木学会土木史研究委員会発表小委員会（担当職員：林）
〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目外濠公園内

Tel：03-3355-3559 / FAX：03-5379-2769

E メール：35dobokushi-manage@jsce.or.jp

土木史関係図書

(株)日本ランドデザイン

横松 宗次

書名	著者・編者	発行所・発行日	定価（税込）
土の百科事典	土の百科事典編集委員会 編	丸善出版・2014 年 1 月	¥21,600-
「土」にかかわる文化・歴史など多面的なアプローチを知る。			
日本の都市から学ぶことー西洋から 見た日本の都市デザイン	バリー・シェルトン著、片 木篤訳	鹿島出版会・2014 年 4 月	¥ 3,456-
西洋人都市学者が日本の都市の形態から読み取る日本の景観と文化。			
年報都市史研究〈21〉沼沢と都市	都市史研究会編	山川出版社・2014 年 4 月	¥4,104-
沼沢地に形成されたに近世の江戸、16-19 世紀のオランダ、16 世紀のイタリアを取り上げたシンポジウムの記録。			
知の再発見双書 163 水の歴史	ジャン・マトリコン著、遠 藤ゆかり訳	創元社・2014 年 4 月	¥ 1,728-
物理学者による地球・人類を取り囲む水の多様な歴史。			
軍港都市史研究〈3〉呉編	河西秀通著	清文堂出版・2014 年 4 月	¥ 8,424-
〈1〉舞鶴編、〈2〉景観編に続く。都市地理学の座視から軍港の歴史、景観を読み解く。			
図説世界史を変えた 50 の鉄道	ビル・ローズ著、山本史郎 訳	原書房・2014 年 2 月	¥ 3,024-
マンチェスター鉄道など 200 年前に実用化された鉄道は文明そのものを変えた。			

編集後記

Webの外注にあたっては、この他時間を要しましたが、広報小委員会として、Webのメンテナンスが学会員個人の尽力に依存しなくなったことは大きな成果であったと思います。これによって委員の方々が新しいテーマについて議論することができるようになりました。例えば、歴史的建造物の3Dプリンターによる表現等について講演会の開催等を企画すれば、多くの方が関心を持って頂けるのではないかと議論も行われました。今回フォーラムでは、歴史的建造物の研究と新しいデザインへの挑戦について鈴木が執筆し、感性デザインについて椎塚久雄様に執筆して頂きました。N0.39号からは鈴木が土木史とデザインをテーマとして掲載してきましたが、次回から緒方英樹氏にバトンタッチ致します。なお、土木史フォーラムの編集にあたり伊能浩様には長期に亘り多大な貢献をして頂いたことに感謝の意を表します。(鈴木)

土木史フォーラム No. 45・46

監修：土木学会 土木史研究委員会

発行：土木史広報小委員会
代表者 鈴木 圭

事務局：伊納 浩

Email : ino-h@tokencon.co.jp

土木史フォーラムHP

<http://www.jsce.or.jp/committee/hsce/forum/>

CONTENTS

MESSAGE FROM THE CHIRMAN OF THE ADVERTISEMENT SUBCOMMITTEE	SUZUKI Kei	1
・ For the renewal of the website		
FORUM	SUZUKI Kei	2
・ Lessons learnt from the design of Robert Maillart's bridges		
LOCAL NEWS	MATSUSHIMA Suenobu・	11
・ For registering world heritage of Tateyama Sabo erosion control works	ARAI Sayaka	
FORUM	SHIIZUKA Hisao	
・ Sensitivity Innovation —The era of humane based Innovation—		13
MOVEMENT OF THE CONNITTEE	SUZUKI Kei	19
・ Report on the information of the 34th Symposium for the Committee on Historical Studies in Civil Engineering		
NEWS OF THE CONNITTEE		20
・ 35th Annual Meeting of CHSCE (Committee on Historical Studies in Civil Engineering)		
BOOK GUIDE	YOKOMATSU Muneharu	20