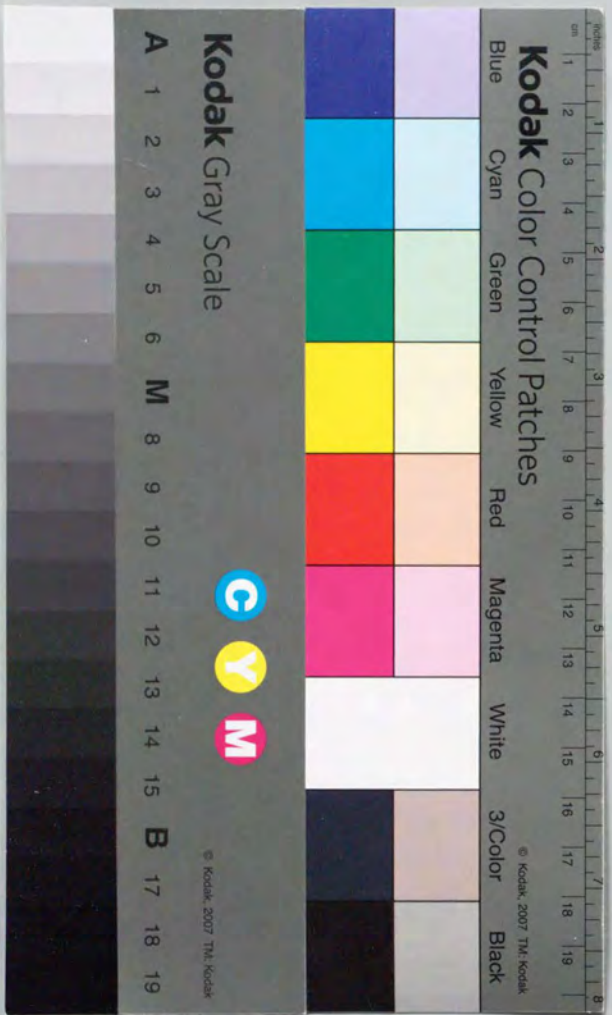


学位論文

設計指向型部品に関する研究

1996年12月20日

佐藤 考一



①

学位論文

設計指向型部品に関する研究

1996年12月20日

佐藤考一

目次

第1章 序論

第1節	研究背景	1
第2節	研究目的と論文構成	3
第1項	研究目的	3
第2項	論文構成	3
第3節	既往研究	5
第1項	オープンシステム論の展開	5
第2項	システムズビルディング論の展開	7
第3項	建築部品概念	9

第2章 設計行為と建築部品

第1節	建築生産の個性性と工業生産の量産性の妥協点	14
第1項	プロトタイプの複製化	14
第2項	建築物全体の工業化	16
第3項	建築物の部分単位の工業化	20
第2節	工業技術と設計者	24
第1項	新たな設計者像の発生	24
第2項	工業技術とのコミュニケーションツール	28
第3項	建築設計における選択行為の限界	33

第3章 建築部品の生産方式の変容

第1節	工業における生産方式の変遷	34
第1項	近代的工業生産方式の発生	34
第2項	多品種少量生産方式への転換	36
第2節	多品種少量生産方式の主要な手法	38
第1項	単位の概念的操作	38
第2項	計画手法	40
第3項	実施手法	42
第3節	今日の建築部品生産に関する分析	44
第1項	調査概要	44
第2項	調査結果と分析	45
第3項	建築部品生産の実態	59

第4章 建築部品のヴァリエーション

第1節	ヴァリエーションの増加に伴う問題	63
第1項	効用の遞減	63
第2項	偏重した新製品開発	65
第2節	ヴァリエーションの構造	67
第1項	部品属性とヴァリエーション	67
第2項	ヴァリエーション表示のカタログ上の飽和	69

第5章 建築部品における役物

第1節	非標準部分としての役物概念	72
第1項	役物概念の発生と工業化	72
第2項	役物の発生図式と生産技術	75
第2節	乾式外装システムにおける役物	80
第1項	設計者の役物の捉え方	80
第2項	外装材メーカーの役物の捉え方	86
第3節	都市型中小ビルのファサード類型	89
第1項	調査概要	89
第2項	基準階部分の特徴	91
第3項	低層部と頂部の特徴	94

第6章 設計指向型部品に関する考察

第1節	生産技術の要件	98
第2節	部品情報の表現手法の要件	100
第3節	設計指向型部品の果たすべき役割	103

第7章 結論

第1節	本研究の到達点	107
第2節	今後の研究課題	109

参考文献一覧	110
--------	-----

謝辞

第1章 序論

第1節 研究背景

第2節 研究目的と論文構成

第1項 研究目的

第2項 論文構成

第3節 既往研究

第1項 オープンシステム論の展開

第2項 システムズビルディング論の展開

第3項 建築部品概念

第1節 研究背景

建築生産の工業化は、大量建設の実現、建物のローコスト化、熟練技能不足への処方箋、建築生産社会の近代化、そして建築家という職能の復権等、様々な目標を含む試みであった。特に、日本における工業化は、単なるローコスト化に留まらず品質向上を含意していた点に、他国には見られない特色があると指摘されている^{*1}。この様に建築生産の工業化という主題には様々な側面がある。本研究はこの工業化という主題を取り上げたものであるが、中でも建築設計の視点から論を展開するものである。

建築生産工業化を試みた様々な実践や理念は、設計者の役割を重視しており、その中心課題の一つは、設計者と部品メーカーとの間に有効なコミュニケーション回路を構築することであった。結果から言えば、そうしたコミュニケーションの出発点として「選択行為に基づいた設計行為」という考え方が導入され、少数の例外を除けば、こうした考え方を支持しない設計者にしても、産業が生産したものを選択する「選択者」という立場しか取り得ない。

こうした建築設計のあり方は、選択という行為に二つの性質を認めることによって、根拠づけられている。その一つは、工業製品の入手方法として一般性を持つということである。実際、産業社会では生産者からユーザーへ渡る生産物が「完成品」という姿をとることが多いため、完成品の選択という財の入手方法は一般的であり、そうした制限された方法であっても、環境整備によってユーザー利益は保障されると社会的にも見なされている。

もう一つは、建築生産の工業化を実践する上で有効性を持っていたことである。建設活動は個別的な受注から開始される。一方、量産を前提とする工業技術は不特定需要に向けて見込生産することで成立しており、工業生産と建築生産は基本的に対立すると考えられてきた。しかし、選択という行為を導入することによって見込生産品を建築設計で扱うことが可能となり、見込大量生産と受注個別生産という異なる生産方式の間に妥協点が成立したのであった。

もちろん、こうした設計行為のあり方に対して様々な表現で疑問が提出されてきた。例えば、建築家のルシアン・クロールは、モジュラー・コーディネーションの強い束縛に対して「これまで長い間、私たちは、オール・サイズ対応の部材を使ってきた。そしてたぶんこれは、守るに値する豊かさを代表している」と述べている^{*2}。こうした批判の共通点は、選択行為が消費財の入手方法として一般性を持つとしても、そうした制限された行為が建築設計行為のモデルと成り得るか、その妥当性を問題にしていることである。しかし、選択行為と設計行為の結びつきが、工業化の進展の中で現実化して行ったため、その妥当性はさほど検討されぬまま認められてきた。

今日の建築生産社会は十分に工業化を達成しており、部品メーカーも、多品種少量生産の過程で培った技術力によって、受注個別生産と呼ぶべき生産方式を実現している。こうした現実の工業技術に目を向ければ、建築部品を一般消費財的に扱うことによって成立

*1 スティーブン・グロアク、「日本のプレファブ住宅から我々が得た教訓」、すまいるん、1996秋号、pp. 19-25。

*2 ルシアン・クロール、重村力訳、参加と複合—建築未来とその構成要素、住まいの図書館出版局、1990。

した設計行為は、工業化を 目指した時点で有効性を発揮したとしても、今日の部品メーカーにアプローチする手段として明らかに不十分である。

工業技術の成果物と設計における利用形態の効果的な再統合が必要とされている訳であるが、その場合、選択行為に基づいた建築設計の妥当性を検討することは重要な端緒となる。選択行為の実践的価値は選択肢の効用と豊富さに依存しており、選択と結びついた設計行為の有効性は、建築部品ヴァリエーションにおける差異の有意さと範囲の広さに基づいている。従って、部品の「ヴァリエーション」概念を見直すことが、そうした設計行為を見直すことにもなる。

他方、ヴァリエーションと類比されるものとして「役物」という概念がある。ヴァリエーションという概念がとりわけ建築物の標準的部分と結び付いてきたのに対し、役物は非標準的部分と結び付いてきた概念である。もちろん、標準部分と非標準部分の境界は曖昧であり、技術観や生産条件によって役物と見なされる領域やその意味は異なってくる。例えば、役物が建物の個別性の発現として積極的な意味を持つ場合がある。こうした役物は伝統的建築物にも少なからず存在し、そのための経済的代償も認められてきた。

その一方で標準化をもくろむ場合、役物は厄介物になる。あくまで標準部品によって特殊な納まりをも包含しようとしたコンラッド・ワックスマンのスペースフレームジョイント、あるいは、量産効果を求めて特殊部分を標準部品化するビルディングシステム主義のアプローチのように、非標準部分の排除が試みられたこともある。これらは極端な例であるが、工業生産の対象とする場合には、役物は量産性と対立する非標準性ゆえにその積極的な意味と経済性との間にトレードオフの関係が成立せず、消極的存在にしか成り得なかつた。

しかし、現在の部品メーカーの個別生産的な技術特性を前提にするならば、標準的部品と役物を峻別する生産上の理由は存在せず、建築物の個別性により即した形で工業技術を利用できる可能性がある。但し、役物の多くが、出隅や入隅といった特別な納まり、あるいは、他部位とのインターフェイスに発生し、標準的部品よりも設計の難易度が高いことも明かである。そのため、役物に対するアプローチは自ずから選択という行為を踏み越える契機を与えることになるであろう。

第2節 研究目的と論文構成

第1項 研究目的

本研究では高い設計自由度を具備した部品を「設計指向型部品」と呼称する。現在の部品生産技術は高い個別対応力を備えているが、従来からの部品のあり方が墨守されているため、その技術的可能性は建築生産において有効に展開されていないという認識に基づいて、こうした設計指向型部品の成立要件及びその果たすべき役割を考察することが本研究の目的である。

この研究目的は以下の二次目的に展開される。

- (1) 工業化理念の検討を通じてこれまでの建築部品の枠組を総括し、建築設計における部品の問題点を明確化すること。
- (2) 部品メーカーの生産方式の特性と近年に生じた技術革新を明らかにすることで、その技術的可能性を検証すること。
- (3) 部品のヴァリエーション構造を明らかにすることで、選択肢として用意された設計自由度の限界を検証すること。
- (4) 建築部位のフレキシビリティを支える鍵として役物に着目し、部品の設計自由度を高めるための要件としてその扱い方の枠組を明確化すること。
- (5) 以上の知見に基づいて、今後の建築部品像として「設計指向型部品」を考察すること。

第2項 論文構成

本研究は七つの章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を示している。関連する既往研究を縮約して整理したが、これらは第2章における議論の前提である。

第2章ではこれまでに提出された工業化理念を建築設計という視角から総括している。工業技術導入を契機とした設計行為の変容を明らかにした上で、建築部品の利用形態と関連づけてその問題点を指摘した。

第3章では建築部品の生産方式の特性を解明している。まず、経営工学の既往研究を援用して多品種少量生産方式に認められる特徴の整理を行った。それらの観点から現在の建築部品生産方式の特性と近年の技術革新の方向性を分析し、その技術的可能性を論じた。

第4章ではカタログ分析に基づいて、部品メーカーが用意しているヴァリエーションの構造とその増加傾向の実態把握を行っている。これを第3章で示した生産特性と照応することで、部品メーカーの保有技術の向上がカタログ上ではヴァリエーションの無秩序な細分化として表示されていることを指摘し、部品情報媒体としての限界についても言及した。

第5章は役物に関する論考である。役物概念を規定した上で、それが建築生産における

量産と深く関わっている可能性を述べ、部品の設計自由度を高める端緒として「役物」を見直すことの重要性を明らかにした。役物の扱い方については乾式外装システムを取り上げてケーススタディとして示した。

第6章では以上の知見に基づいて設計指向型部品に関する考察を行っている。第5章のケーススタディを反映して、設計指向型ファサードシステムの成立要件を提示し、その役割をオープンシステム理念の中に位置づけた。

第7章では結論として本研究の到達点をまとめ、残された今後の課題を整理した。

第3節 既往研究

第1項 オープンシステム論の展開

オープンシステム理念は、建築生産の工業化を推進する上で最も大きな役割を果たした理念であり、工業技術の導入を建築物の部分毎に構想した点に工業化理念としての特徴がある。今日の建築生産社会の基本的な枠組はこの理念によって提示されたと言えるのであるが、工業社会への移行が最も早かったアメリカではむしろ現実の方が先行していたと言えるであろう。

この理念が行動目標として明確化されるのは1960年代後半のヨーロッパ、特にフランスである。フランスは戦後ヨーロッパにおける工業化のパイオニアであるが、60年代に入るとクローズドシステムで対応可能な市場が飽和状態となる。市場拡大を動機として建築部品による展開方法が模索され、1965年にジェラルド・ブラッシャーは『設計と統合に関するオープンシステムの意義』の中で、大型PC板構法のカタログオーダー方式をオープンシステムと定義する^{*1}。こうした考え方はすぐに日本にも紹介され^{*2}、1969年から始まる「日仏建築工業化会議」を通してオープンシステムという用語も広く知られるようになる。

日本におけるオープンシステム理念は特定の躯体構法に依存することなく展開されるのであるが、そうした用語が定着する以前に、その理念を「規格構成材方式」として提出したのが剣持吟である。剣持は1965年の『開口部論』の中で以下の三点を精緻に理論展開することでオープンシステム理念の骨子を明確化するのである^{*3}。

1. 部品単位の工業化が、建築生産と工業生産を、つまり受注少量生産方式と見込大量生産方式をすり合わせるための戦略であること。
2. オープンシステムにおける建築設計は選択という行為に委ねられるが、部品の組合せの自由度によって設計の自由度は確保されること。
3. オープンシステム理念の目指す生産社会では、部品メーカーと設計者は生産者と消費者という立場で部品市場に関与し、基本的には市場原理によって部品の質的向上が図られること。

但し、剣持は部品の質的向上に関しては市場原理とは別の回路の必要性を指摘する。市場原理の力が及ばない事態を危惧し、生産機構へ踏み込んで部品改良を迫る「支配型的设计者」を部品の修正回路として位置づけたのである。

1960年代後半から70年代にかけての部品産業の発展に伴い、オープンシステム理念が掲げた部品単位の工業化という目標は急速に現実化する。実際、70年代半ばには主要な住宅

*1 Gérard Blachère, "The Consequences of the Open System on Design and Integration", *Towards Industrialised Building - Proceedings of the Third CIB Congress, Copenhagen, 1965*, Elsevier Publishing Company, 1966, pp.238-239.

*2 池辺謙也, "建築生産工業化のために", 造, 1966. 1, pp. 10-55.

*3 剣持吟, 開口部論, 東京大学学位論文, 1965.

部品の開発が一通り完了するのである*1。こうして様々な部品が登場するのであるが、それらはオープンシステム理念が期待した部品と必ずしも一致するものではなかった。そのため、部品メーカー主導の部品開発は単なる材料の置換に過ぎず、必ずしも建物全体の質的向上に寄与していないと認識されることになる。

こうした現状を踏まえ、大野勝彦は1971年の『部品化建築論』において、「部品化」とは、建物の部分を切り取って工業製品に置換することではなく、建物を新たな生産方式にふさわしいまとまりに再編成することであると指摘する*2。そして、そうした建築部品化が生み出すオープン部品群を部品化建築として構築するための方法論を提示しようとするのである。

大野はあくまで設計者側からのアプローチとして論を展開したのであるが、この「建築部品化」から「部品化建築」へというアナグラムは70年代半ばにおけるオープンシステム論の展開を象徴している。例えば、江口禎はそれまでの工業化の成果の統合イメージとして「部品化住宅」の概念を提出し*3、古川修も同様の視点から部品の単位性に焦点を合わせ、部品分割単位と生産ロット単位の「適正化」の必要性を指摘するのである*4。

また、1974年からは「優良住宅部品認定制度(BL部品制度)」が(社)住宅部品開発センターによって創設されているが、岩下繁昭はここでの業務経験に基づいて、住宅部品の市場製品化の要件を『製品化計画論』として1979年にまとめる。住宅部品が他の工業製品に比べて多品種少量生産の傾向が強く、他部位との取り合いの少ない部品から市場製品化されてきた経緯を明らかにした上で、今後のオープンシステムの目標が他部位との取り合いの多い部品の開発にあることを指摘するのである*5。

*1 岩下繁昭, “住宅部品関連年表”, 建築技術, 1976.11, pp.409-431.

*2 大野勝彦, 部品化建築論, 東京大学学位論文, 1971.

*3 江口禎, “部品化住宅の概念”, 住宅, 1975.11, pp.2-8.

*4 古川修, “住宅部品化の歩み”, 建築技術, 1976.11, pp.127-139.

*5 岩下繁昭, 製品化計画論, 武蔵工業大学学位論文, 1979.

第2項 システムズビルディング論の展開

以上の様にオープンシステム論の主要な論点は適切な部品化の模索であった。しかし、建物全体から切り離された個々の部品化は部分最適化の積み重ねであり、モジュラーコーディネーション等の社会的規格が整備されたとしても、建物全体の最適化を保証するものではない。剣持が「支配型的设计者」という超越的存在をその理念に付加せざるを得なかったように、オープンシステム理念自体には全体性への寄与を保証する論理が存在しないのである。

こうしたオープンシステム理念の弱点を補完する役割を果たしたのがシステムズビルディングという概念である。システムズビルディングとは、ビルディングシステムの開発手法の一つであり、建設行為に対してシステムズアプローチを適用する点にその特徴がある。EFL*1は表1-1に示す定義を与えているが、要約すれば、建設行為全体をトータルシステムと捉えた上で、複数のサブシステムに分割し、それらを効率的に組織化する方法である。

システムズビルディングの嚆矢はイギリスで開発された学校建築システム「CLASP」とされている。ノッthingham州を中心とする発注共同体によって1957年に開発されたものであるが、こうした発注共同体の組織化という需要集約手法はCLASP以降のシステム開発に大きな影響を与えることになった。

CLASPに触発されて様々なシステムが開発されているが、1962年から68年にかけて展開された学校建築システム「SCSD」もその一つである。SCSDはEFLの支援を受けてアメリカのカリフォルニア州で開発されたものであるが、プロジェクトを主導したエズラ・エーレンクランツはイギリス留学時に学校建築の工業化を研究した建築家であり、SCSDはイギリスの学校建築システムの後裔に位置付けられるのである。

SCSDには三つの大きな特徴がある。第一点はシステムズアプローチの意識的な適用である。システムズアプローチとは、全体目標を部分目標へと順次展開することで問題解決を図る方法である。SCSDでは学校建築の前提となる教育形態の策定、建物全体の目標の設定、そして建物各部の開発目標へと、開発プロセスが全体目標から部分目標に向けて明確に分節されている。

第二点は建物全体を明確にサブシステムに分割し、最終的な開発対象を全体目標と関係するものに限定したことである。SCSDで開発されたビルディングシステムは構造、天井・照明、空調、間仕切りの4つのサブシステムのみで、これら以外の部位は個別設計を行う設計者の裁量に任されている。

第三点はサブシステムの詳細設計を部品メーカーに任せただけである。イギリスで開発されたビルディングシステムの多くが性能上の問題を引き起こしたが、工業技術に関する知識が欠如しているにも関わらず、建築家が部品の詳細設計まで行ったことが原因とされている。SCSDでは、こうした事態を回避するためにシステム開発者の役割をプロジェクト統括と部品の性能基準開発に限定しており、また、そのことによって部品メーカーの主体的な参加を導こうとしているのである。

*1 Educational Facilities Laboratoryの略称。学校建設の研究として1958年にフォード財団によって設立された。

北米ではSCSD後も、SEF、RAS等が開発されることになる。これらに関するレポートがEFLによって継続的に刊行され、システムズビルディングという概念は明確化されて行く^{*1}。日本にも1970年代に入ってからこうした考え方が本格的に紹介される。70年代半ばに開発された学校建築システム「GSK」や庁舎建築システム「GOD」はSCSD等から直接的な影響を受けたものであり、深尾精一はこれらの開発に携わった経験に基づいてサブシステム化の要件をまとめるのである^{*2}。

このようにシステムズビルディングという概念はビルディングシステムの開発手法であり、オープンシステム理念とは異なる文脈から発生したものである。しかし、どちらも開発成果が建物の部分単位で提出されるという点で共通している。さらに、SCSDのサブシステムは当初の供給エリアを越えて全米に供給されるようになったことから、このプロジェクトをオープン化という視点から捉えることも可能であった。こうして内田祥哉はシステムズビルディング論をオープンシステム論に包摂し、オープンシステムの目標をサブシステム開発とそのオープン化として提示することになる^{*3}。

表1-1 EFLによる「システムズビルディング」の定義

<p>(システムズアプローチ)</p> <p>ある問題をシステムとして認識し、問題の要素群とそれらの作用の相互関係、及び、より上位の文脈に対する問題の関係を明確にすること。</p>
<p>(システムズビルディング)</p> <p>建設に対するシステムズ・アプローチの適用。通常、プログラム作成・計画・設計・資金調達・製造・建設を組織化した結果であり、単純な(あるいは高度に調整された)管理の下で、全体として効果的な手順を経た建物に対する評価。</p>

出典：EFL(ed.), *Building Systems Planning Manual*, EFL, 1971, p.3.

*1 例えば、EFL(ed.), *Building Systems Planning Manual*, EFL, 1971.

*2 深尾精一、「建築生産のサブシステム化に関するルールについて」、日本建築学会論文報告集第246号(pp.81-87)、第247号(pp.119-124)、第248号(pp.71-76)、1976.

*3 内田祥哉、建築生産のオープンシステム、彰国社、1977、pp.305-329.

第3項 建築部品概念

ここまで「部品」という用語を定義せずに用いてきたが、本研究ではこの用語を「建築物の生産上の分割単位」という意味で用いる。

この部品という用語には建築生産の工業化と関連して様々な意味が付与されてきた。建築物に占める大きさ、プレファブリケーションの程度、生産量、供給方式の差異等、部品を捉える視点の違いがその外延を膨らませてきたのである。本研究では「建築物の生産上の分割単位」という意味内容を「部品」の基本概念と考え、これ以外には特別な条件を設定しない。

しかし、これまでに提出されてきた部品概念は、背景にある各々の工業化思想を集約したものである。ある意味で、その時々々の工業化の局面を映し出しているとさえ言うことができよう。ここでは前述の既往研究から代表的な部品概念を取り上げ、その外延を確認することにする。

表1-2は剣持が示した「規格構成材のコード」である。オープンシステムにおける部品概念を日本で最初に明確化したものであり、その内容は大きく三つに分けられる。最初の二つは組合せの素としての資格基準を示しており、建築物の生産上の分割単位としての妥当性を述べたものである。次の二つは整合性のある組合せを可能にするための前提条件を示しており、より具体的に言えばモジュラー・コーディネーションが有効性を発揮するための条件である。最後の三つは市場原理が機能して質的向上が図られるための必要条件である。

商品として市販されている建材であれば、剣持が示したほとんどの条件を何らかの形で備えている。こうした条件がわざわざ規格構成材のコードとして提示されたのは、少数要素の組合せによって多様性を実現しようとする規格構成材方式にとって、それらが社会的規格として確立する必要があったからである。また、1963年に「建築モジュール」がJIS制定されたことを受け、60年代後半は部品毎の標準モジュールが制定されていた時期である。例えば、66年に開口部構成材、67年には鉄骨壁構成材と鉄骨屋根構成材の標準モジュールが制定されている。当初の部品概念がモジュールを中心とした社会的規格の確立を重要視していたのはこうした状況を反映してのことでもあった。

しかし、市販建材が急激に増加するにつれて部品化の目標は変化する。表1-3(1)は大野が1971年に示した示したオープン部品の目標である。基本的には表1-2の内容を踏襲しているが二つの相違点がある。まず、規格に関する条件が緩くなり、表1-2の「(IV)標準構法をもつこと」は表1-3(1)の「6. 構法…やジョイント…の使用例が示されること」へと変化し、技術の多様化を許容する内容になる。また、部品の高付加価値化が強調され、「(II)ある範囲の大きさと…機能をもつ」という条件は「1. …機能集約的で…付加価値がより高い」という内容になる。

社会的規格の確立という視点が消失したわけではないが、社会的規格の未成熟な部品が概念上で許容され、部品化の目標はむしろ機能集約・高付加価値化に向けられるのである。具体的には、材料毎に細分化される傾向にあった部品をより大きなまとまりに再編成し、部品の中に現場作業部分を取り込むことである。表1-3(2)の「機能ランク」と「生産ランク」はそうした機能集約化と高付加価値化を図る尺度として提示されたものである。こ

表1-2 規格構成材のコード

- (I)建築物の共通要素として一般性・普遍性をもつこと
- (II)建築物に対してある範囲の大きさと想定された機能をもつこと
- (III)モジュール呼び寸法をもつこと
- (IV)標準構法をもつこと
- (V)性能の表示がなされていること
- (VI)価格の表示がなされていること
- (VII)商品として見込生産され、たえず市場に供給されていること

出典：新神吟、開口部論、東京大学学位論文、1965、p.101.

表1-3 (1)オープン部品の目標

1. 生産される部品が機能集約的であって、付加価値がより高く、機械による大量生産に向いていること
2. 商品として、標準化・規格化されており、同型の生産ロットがある程度あつて、見込み生産による連続生産が可能であること
3. 商品としての性能・価格が明確に表示されていて、かつ、統一のとれた表示様式にもとづいていること
4. 建築空間に対するその部品の役割がより一般性・普遍性をもっていること
5. モジュール呼び寸法・実態寸法などが表示されていること
6. 構法のサブシステム・他部品とのジョイントシステム使用例などが示されていること

出典：大野勝彦、部品化建築論、東京大学学位論文、1971、p.166.

(2)部品化の程度を決定するファクター

部品度		オープン度	
生産ランク	機能ランク	設計のオープン性	市場のオープン性
一般・完全 L+材であり 空間構成材である	建築物の用途	MCの程度	販売地域
現場作業量(人分)	建築物の地域	ジョイントシステム	販売組織
余裕率が小	部位	調整面の指示方法	生産量
量産効果の度合	空間に対する性能	互換性	初期需要の可能性
現場コスト率が小	空間に対する性能	経済的耐用年数	原価と販価
輸送方法と効率	構造に対する性能	バリエーションの豊富さ	PR・知名度
作業職種・人員	存続に対する性能	構法のサブシステム	規格品の比率
ジョイント量	エネルギー供給の性能	技術的情報	性能価格表示

出典：大野勝彦、部品化建築論、東京大学学位論文、1971、p.176.

うした部品概念の変化は、激しい技術変化の渦中では社会的規格が容易には収束せず、その一方で、工業技術の導入が単に材料を代替しているに過ぎないという当時の状況を踏まえての軌道修正であった。

こうした部品の機能集約・高付加価値化を実現するためにシステムズビルディングという開発手法が活用されることになる。前述したようにシステムズビルディングという開発手法は「サブシステム」という部品の集合体を開発単位としている。EFLはサブシステムを表1-5のように定義しているが、建築物の分割単位を操作しようとする動機が、このサブシステムという単位と部品概念とを結び付けたのである。

しかし、建築物の分割単位を操作しようとするれば従来の職種編成と矛盾が生じる。部品概念自体が職種の再編成を意図している以上は当然のことであるが、部品の機能集約化が達成されるとしても現場作業が錯綜するのであれば、全体的な生産性を低下させる可能性が高い。実際、70年代前半に設備ユニットが実用段階に入るのであるが、配管工事に関する法規制によって生産上の適切な物的単位を抽出できないことが大きな障害になった。そのため、サブシステムという単位と部品概念が結び付く際に、現場作業の単位性に対する関心が前面に浮上する。

1976年に深尾は、物的まとまりと作業のまとまりが一体となって抽出された建築物の部分をサブシステムとして定義するのである。また、表1-6では生産方式や供給方式は規定されていない。表1-2や表1-3(1)では「工場における見込生産」と「商品としての市場流通」を部品の要件としているが、これらの要件に言及しないのである。実際、サブシステムは基本的には部品の集合体であるとしながらも、部品で構成されなくとも建築物の部分とそれに関する作業が合理的に抽出されるものはサブシステムとして認めている^{*1}。つまり、サブシステム化という概念は一種の責任施工を目指しているのである。

60年代後半の時点では部品メーカーの責任施工はあくまでの離陸期の現象とされていたことを考えるとこれは大きな変化である^{*2}。また、前述したように70年代半ばには部品の生産ロットの適正化が意識されるようになるが、サブシステムという単位が部品の生産ロットのばらつきを吸収する役割を果たすという見解が示されるのである^{*3}。

さらに80年代に入ると量産技術以外にも目が向けられるようになる。部品を「職人」「加工場(工場)」「現場」の関係から捉え直す必要性が大野によって指摘され、①個人ブランドのクラフト部品、②職人の加工場で作られる部品、③地域メーカーによる部品、④全国ブランドの半製品あるいはノンパッケージ部品、という生産ロットに応じた四段階の捉え方が提示されるのである^{*4}。

*1 深尾一、"建築生産のサブシステム化に関するルールについて—その1・サブシステムの空間領域"、日本建築学会論文報告集第246号、1976、pp.81-82.

*2 大野勝彦、"住宅部品化の方向について"、ビルディングレター、1968、8、p.8.

*3 大野勝彦、現代民家と住環境、S D選書105、鹿島出版会、1976、p.89.

*4 大野勝彦、"住宅をつくる部品たち"、建築知識、1983、5、p.168.

表1-4 トーマス・シュミットとカルロ・テスタによる「ビルディングシステム」の定義

ビルディングシステムの性質と内容は、組織的構造、技術的構造、計画という三つの異なる視点から記述される。

組織的構造の構成要素：
 実際のシステム(部品カタログ、規則目録、価格表、組立指示書)、
 製造部門、流通販売部門、組立部門、計画・開発部門。

技術的構造の構成要素：
 各種部品(外壁、内壁、収納、衛生設備、基礎、天井、屋根、E V、階段等)
 接続部材と仮設、防水。

計画面の構成要素：
 各種部品を関連づけるモジュール、
 モジュールに従う部品群を建物全体へと組み立てる方法。

出典：Thomas Schmid/Carlo Testa, *Systems Building*, Architektur Artemis, 1969, p.36-39.

表1-5 EFLによる「ビルディングシステム」と「サブシステム」の定義

〈ビルディングシステム〉
 建物のサブシステムやコンポーネントの集合、そしてそれらを建物に組立てるためのルール。通常、こうしたコンポーネントは大量生産され、ある建設プログラムの中で、特定あるいは不特定のプロジェクトに用いられる。

〈サブシステム〉
 ビルディング・システムの一部で、ある特定の機能を持つことで定義される。また、そうした機能を満足するのに必要なコンポーネントや材料から構成される。例えば、空調サブシステムは、冷却装置、ファン、ポンプ、ダクト、温湿度調整器、等から成る。

出典：EFL(ed.), *Systems - An Approach to School Construction*, EFL, 1971, p.4.

表1-6 深尾精一によるサブシステムの定義

建築物を構成する部分と、その部分に関する仕事の2つが一体となってトータルシステムから分割され、まとまった機能を持ち、かつ次のような条件が満足されているもの

- (1) 部分がサブシステムとして寸法的に整理されていること
- (2) 他のサブシステムとの仕事の区別が明確であること
- (3) サブシステムとしての性能と価格(又はコスト)が全体の中から取り出して考えらるること

出典：深尾精一、「建築生産のサブシステム化に関するルールについて-その1・サブシステムの空間領域」、日本建築学会論文報告集第246号、1976、p.81.

当初の建築部品は、社会的に規格化された建築物の部分であり、工業技術によって見込大量生産され、商品として市販されるものとしてイメージされていた。しかし、規格という物的単位、工業技術という生産技術、大量生産という生産ロット単位、そして商品という供給単位に関する規定が次々に外された結果、建築生産の工業化のために設定された部品概念の諸規定は今日ではほとんど消滅している。また、最近では部品という概念を情報のまとまりとして捉え直す新たな試みもなされている*1。しかしながら、建築部品が見込生産されるという設定だけは問われておらず、現実と乖離したまま部品概念の前提として保存されているのである。

*1 平沢岳人、部品概念に立脚した建築設計生産情報の操作理論研究、東京大学学位論文、1992。

第2章 設計行為と建築部品

第1節 建築生産の個性性と工業生産の量産性の妥協点

- 第1項 プロトタイプの複製化
- 第2項 建築物全体の工業化
- 第3項 建築物の部分単位の工業化

第2節 工業技術と設計者

- 第1項 新たな設計者像の発生
 - (1) 産業の組織者
 - (2) システムの開発者
 - (3) 部品の選択者
- 第2項 工業技術とのコミュニケーションツール
 - (1) 開発者とアクソノメトリック
 - (2) 選択者とカタログ
 - (3) 性能仕様を展開
- 第3項 建築設計における選択行為の限界

第1節 建築生産の個別性と工業生産の量産性の妥協点

第1項 プロトタイプの複製化の試み

近代以前の建築生産は一品生産的な活動であり、その技術はそうした個別的な生産物を生み出すためのものであった。しかし、近代に発生した工業技術は大量生産を目的として発生した技術である。建築生産の工業化とは、建築技術に量産的性格を付与する試みであり、その実現の困難は建築生産の個別性と工業技術の量産性の対立に起因するものであった。つまり、大量の建設需要を社会背景として、公的機関、民間企業、建築家等の様々な主体が工業技術という量的生産方式に傾注することになったが、ビルディングタイプが同一でも要求条件に応じてそれぞれの建築物は異なるという従来からの建築的価値観は棄却されず、生産物と生産方式との間に矛盾が発生したのである。従って、工業化における中心課題はこの矛盾に有効な妥協点を設定することであり、そうした設定の差異にこそ工業化理念や実践の本質的な差異が存在すると言えよう。

この観点から見ると工業化へのアプローチは大きく三つに分類することができる。その一つが「プロトタイプの複製」というアプローチである。このプロトタイプの複製という考え方は工業生産の一般的な考え方である。もちろん、どのような工業製品でもプロトタイプがそのまま生産されることはなく、生産設計が加えられて生産性や採算性の高められたものが生産される。しかし、製品性能といったプロトタイプの本質的な内容は継承されるので、最終的な生産物はやはりプロトタイプの複製品と見なすことができる。

こうした考え方と建築生産の結び付きは、第1回万国博覧会の展示施設として1851年に建設されたクリスタル・パレスに関連して早くも現れる。造園家ジョゼフ・バクストンと鉄道技師チャールズ・フォックスの共同設計によるこの建物は、全長1848ft全幅408ft、使用材料は鉄材4500t、木材60万ft³、ガラス900万ft²という規模にも関わらず、部材の徹底した工場加工によって4カ月程度で建設され、また会期後には解体移築されて駅舎に転用される等、工業化建築の魁として大きな注目を集めた^{*1}。そのため、万博翌年には正確な製作図を完全に収録した技術記録が刊行されたが、その出版目的はクリスタル・パレスを複製しようとする人々に対する情報提供であった^{*2}。

「プロトタイプの複製」が工業生産と密接に結び付いている以上、工業技術の導入を契機としてこうした考え方が建築と結び付くことは自明のように思われる。しかしながら、19世紀半ばに萌芽が現れているにも関わらず、その後の工業化の展開では例外的にしか現れず、むしろ否定的に扱われてきた。例えば、ダイマキシオンハウスに対する当時のアメリカ建築家協会の態度に典型的な反応を見ることができる。この未来型提案住宅はプロトタイプの複製というアプローチを念頭に置いてバックミンスター・フラーが1928年に構想したものである。1933年のシカゴ世界博覧会へ出展が求められた際、1棟の製作費を尋ねた

*1 Robert Thorne, "Paxton and Prefabrication" in Derek Walker (ed.), *The Great Engineers: The art of British Engineers 1837-1967*, Academy Editions, London, 1987, pp.52-69.

*2 Charles Downes and Charles Cowper, *The Building Erected in Hyde Park for the Great Exhibition of Works of Industry of All Nations, 1852*, reprinted edition, Victoria & Albert Museum, London, 1971, p.i.

主催者に対して彼はあえて量産体制を整えるための金額を答えた程である。その特許に関する財産権譲渡を申し出たフラーに対し、アメリカ建築家協会の態度は複製可能な設計という考え方を否定するというものであった*1。

アメリカ建築家協会は工業技術の導入を拒んだ訳ではない。当時のアメリカは世界で最も発達した工業社会であり、建築生産の工業化という理念が戦後になって初めて現実性を帯びた日本やヨーロッパと異なり、戦前には既にその本格的な展開が行なわれていた社会である。1930年代のアメリカでは様々な建築雑誌で工業化住宅の特集記事が頻りに生まれ、総数254(231社)の開発事例が掲載されていた程である*2。ダイマキシオンハウスにおいて拒否されたのはそのアプローチであった。工業生産という観点から見れば、プロトタイプ複製という考え方は基本的なものである。しかし、生産物における個性という価値観を内包している建築生産では、製造業一般のアプローチは受け入れられなかったのである。

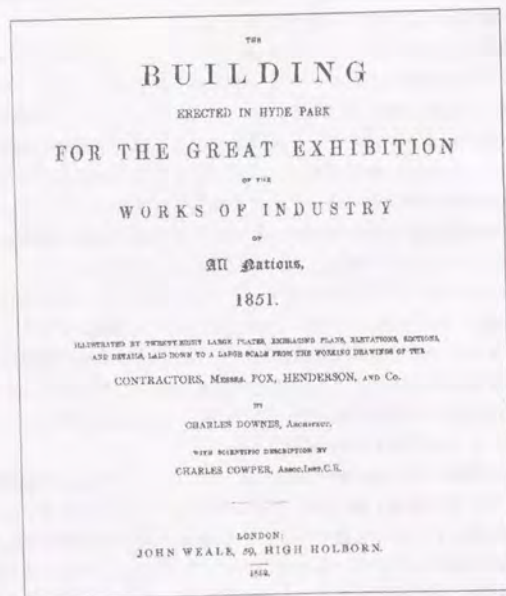


図2-1 第1回万国博覧会の翌年に刊行されたクリスタル・パレスの詳細図集

*1 バックミンスター・フラー/ロバート・W・マークス、木島安史/梅沢忠雄共訳、バックミンスター・フラーのダイマキシオンの世界、鹿島出版会、1978、p.35-38。
*2 片野博、「1930年代の米国における工業化住宅の発展に関する研究」、日本建築学会計画系論文報告集第446号、1993年4月、pp.71-79。

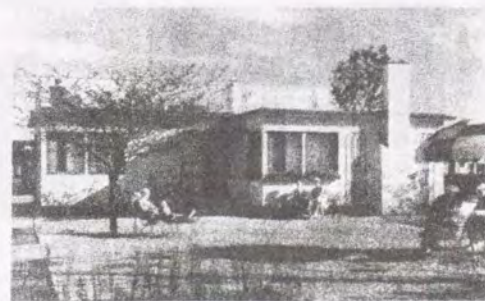
第2項 建築物全体の工業化

建築の工業化は、量産性と個性性の両立に向けて、他の工業製品とは異なる方法で進められることになる。その一つが「クローズドシステムの開発」という方法である。多くの場合、このアプローチでも建物全体が工業生産の対象とされ、開発は全体から部分へと展開されて行く。しかし、先のアプローチと異なるのは個々の要求条件に対応するために建物が「システム」として開発されている点である。開発されるものは、単なる複製の対象ではなく、個別の運用を可能にするある自由度が盛り込まれた物的構成なのである*1。

こうしたアプローチの全てにおいてシステムという概念が意識されているわけではないが、部材の規格化によって量産性を確保しながらシステムとして開発された物的構成の中に建物の個性性を担保するという考え方が、建築と工業技術の結び付きを可能にした。実際、近代建築運動の中でイメージされた構想の多くはこうした考え方に基づいている。例えば、ワルター・グロピウスが1910年に提出した「芸術的統一原理に基づく一般住宅建設会社の設立要綱」には、部材の規格化が工業化の実現方法であること、そして芸術的統一原理の範囲内で個別対応を考慮することが記され*2、1923年のバウハウス展覧会では規格化住宅における個別対応のエスキスが実際に示されている*3。また、規格部品によって120種類の住宅を構成することが可能であった「モトホーム」、意匠や部屋の記号式が商品名称に与えられた「ゼネラルハウス」等、既に1930年代のアメリカでは規格部材の量産とシステム内の個別対応という考え方に基づく開発が現実化されていた*4。

K₃H4DPの意味

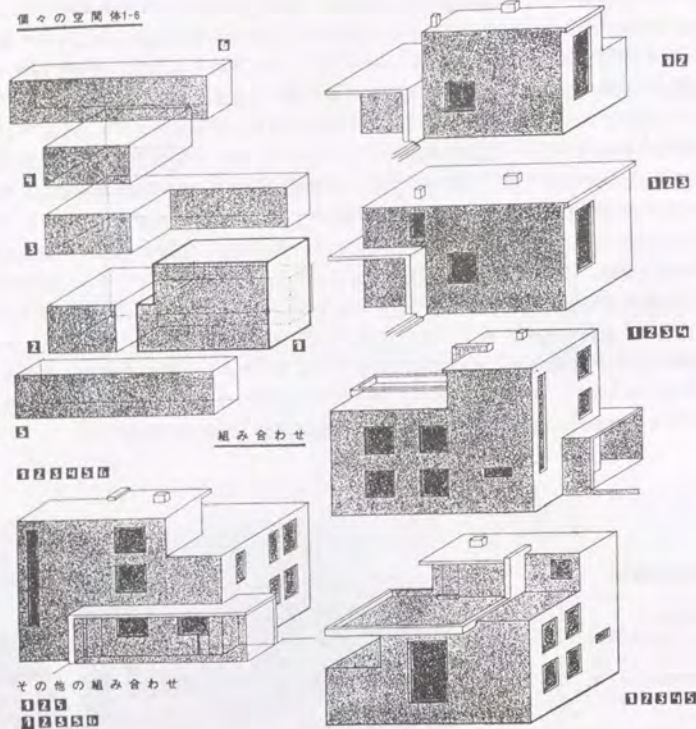
K: 基本デザイン
3: 基本デザインの種別
H: エントランスホール
4: 設置可能なベッド数
D: ダイニングルーム
P: ガレージ



出典: H.Ward Jandl (et al.), *Yesterday's Houses of Tomorrow—Innovative American Homes 1850 to 1950*, The Preservation Press, 1991, p.163.

図2-2 K₃H4DP型のゼネラル・ハウス

*1 松村秀一、「さやの中のえんどう豆」、群居34、1993、p.187。
*2 Walter Gropius, "Programme for the Establishment of a Company for the Provision of Housing on Aesthetically Consistent Principles", *Architectural Review*, July 1961, pp.49-51.
*3 アドルフ・マイヤー編、貞包博幸訳、バウハウスの実験住宅、バウハウス叢書3、中央公論美術出版、pp.5-15。
*4 H.Ward Jandl (et al.), *Yesterday's Houses of Tomorrow—Innovative American Homes 1850 to 1950*, The Preservation Press, Washington, D.C., 1991, pp.141-167。



大規模な積木箱、この積木箱から居住者の人数や需要ごとにあらかじめ準備された組み立て計画に当たって多種多様な「住む機械」が組み立てられるのである。

出典：アドルフ・マイヤー編、貞包博幸訳、バウハウスの実験住宅、バウハウス叢書3、中央公論美術出版、p.8。

図2-3 グロピウスが示した規格型組立住宅のコンセプト

しかし、こうした先駆的な試みは量産段階に至らずに幕を閉じ、建築家による開発は戦後もほとんどが一時的な試行に止まった。アメリカを除けば、戦後復興のための国家的政策によってクローズドシステムの開発は本格化する。もちろん、その内容は国情に応じて異なり、公的機関が自ら開発を行った場合もあれば認定制度等によって民間企業の開発を誘導した場合もあるが^{*1}、公的建設供給の中で需要の集約が行われ、それをスプリングボードにして大量建設が現実化するという構図は基本的に共通しているのである。

クローズドシステムによる工業化は、考え方としては戦前から用意されていたが、戦後の大量建設、特に公的建設供給と結びつくことによって本格化したわけである。このように計画的な受注と結びついたときにこのアプローチが現実性を持ったということ、換言すれば、その量産性が計画的受注生産を基盤にしているということも、工業化手法としての重要な特徴である。つまり、クローズドシステム開発というアプローチは建築生産に量産的性格を与えながらも、受注生産という意味では従来の生産方式と連続していたのである。

さらに、このアプローチは即効性のある実践方法でもあった。なぜなら、開発主体は建物全体の構成要素を自律的にコントロールできるので、建物全体を一つの製品としてパッケージ化することが可能である。先にも指摘したように、このアプローチは他の工業製品の生産方法とは厳密には異なっているが、開発から製造までを自律的に統制できるという点では一般的な工業生産と共通していたため、自動車等の生産方法を類比的に援用できたわけである。

クローズドシステム開発というアプローチは建物の工業化を社会的な広がりにおいて現実化した。システム内に担保された個別対応力、計画的受注生産による量産性、そして、パッケージ化がもたらす実践力、クローズドシステム開発のこうした特性が建築生産工業化の端緒を開いたのであり、こうした役割を果たしたことで自体、工業化手法としての有効性を示している。しかし、こうしたアプローチによる工業化は概ね1960年代半ばを最盛期として次第に退潮していく。時間的なずれは存在するものの、クローズドシステムの衰退はヨーロッパ各国で同様に確認できるのである。

その主な要因については以下の三点にまとめることができよう。第一点は建設供給に関する政策転換である。例えば、高層住宅建設の補助制度廃止によってイギリスにおけるクローズドシステム発注量が激減したように、住宅の量的充足に伴う公共ハウジングの退潮はクローズドシステムの存在基盤を崩壊させることになった^{*2}。

第二点は建設された建物の画一性や性能の低さである。これは技術に限定される問題ではない。画一性については特に住環境の悪化と関連して指摘されるのであるが、今日ではモダニズムの理念を急進的に取り入れた計画そのものが疑問視されている^{*3}。また、様々な開発を誘導した政策自体が量的充足を主目的としていたため、結果として開発主体の性能に関する消極的態度を助長したことも看過できない^{*4}。しかし、漏水等の技術的欠

*1 プレハブ建築協会編、世界のプレハブ・システム、プレハブ建築協会、1948。

*2 安藤正雄、「住生産における産業構造および生産技術の変化に関する日英比較研究(1)」、住宅総合研究財団研究年報No18、住宅総合研究財団、1991、p.386。

*3 菊地成朋、「社会的な課題と結びついた「ノントラディショナル」の再生」、Glas & Architecture 1995年秋号、pp.28-33。

*4 ルシアン・クロール、重村力訳、参加と複合、すまい学体系31、住まいの図書館出版局、1990、pp.80-83。

陥はこのアプローチに対する社会的信頼性を失墜させ、個別対応力に乏しいシステムが数多く開発されたことは、工業化の全面的な否定に至らないまでも、その手法を見直す契機を与えることになった。

第三点は技術普及の問題である。こうしたアプローチによって開発されたビルディングシステムは、部品の寸法モジュールやインターフェイス・ルールが独自に設定されるため個々の開発成果に互換性がなく、パッケージとして完結しているので部分的な活用も閉ざされている。つまり、このアプローチで開発された技術は開発主体によって囲い込まれる傾向が強いのである。これは技術を強力に統制できるという点で開発主体にとっては望ましい特性であろう。しかし、工業化の社会的推進という観点からはむしろ問題視されるようになったのである。

第3項 建築物の部分単位の工業化

クローズドシステムが精力的に展開される一方で、1960年代に入ると「オープンシステム」という工業化理念がヨーロッパで提唱されるようになる。60年代後半には日本にも紹介され、次第に建築生産の工業化はオープンシステム理念によって主導されることになる。

このアプローチの最大の特徴は、工業技術の導入を建物の部分単位で構想したことである。クローズドシステム開発は直接的な工業化手法であったが、その実践によって前述の限界が明らかになった。オープンシステム理念は、そうした限界を乗り越える戦略としてその視角を建築生産社会に開くのであるが、部分単位の工業化という考え方がその要になっているのである。

第一に、工業生産の単位を「建築部品」とすることはより大きな量産効果を基礎づける。量産効果とは生産量の拡大に伴うコスト削減効果であるが、これには二つの側面がある。「生産方法が固定している期間のコスト挙動」と「生産方法の変化を許容する期間のコスト挙動」である。前者は短期的な生産量に対する量産効果、後者は長期的に累積された生産総量に対する量産効果である。それらの挙動は、固定費、変動費、そして生産量によって説明されるが、生産方法によって最適産出量はそれぞれ異なり、また、固定費の大きな生産方法はコスト削減効率が高い一方で、十分な生産量が確保されない限り最適産出量に近づかないことが知られている。つまり、図2-4に示されるように生産量が n_0 の時点では設備投資の小さい生産方式の方が大きいものより有利である。しかし、前者の最適産出

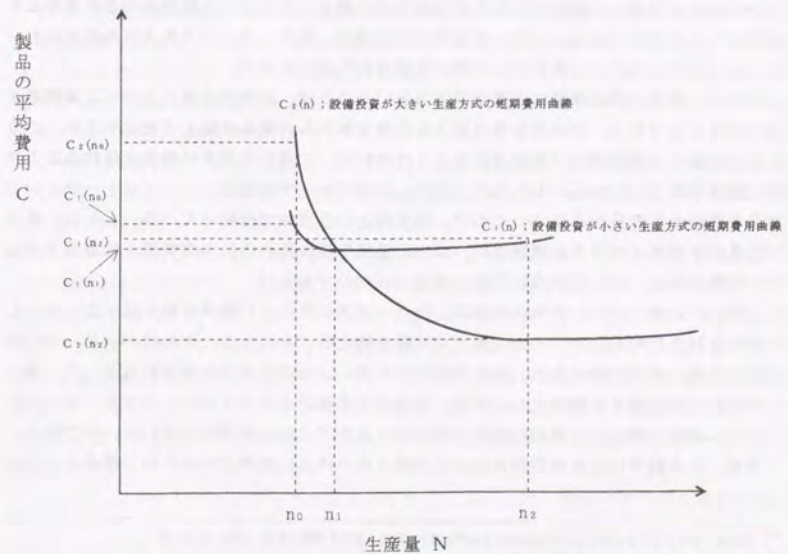


図2-4 量産効果のロジック

量 n_1 を生産量が越え、後者の最適産出量 n_2 に近づくほど設備投資の大きな生産方式の有利性が増すことになる。

前述したように、クローズドシステムは建物全体を単位にしていることから生産量にある種の事前計画性が求められる。そのため、生産設備は、短期的コスト挙動に基づいて予定生産量付近で最適生産量が得られるように計画されるが、その生産方法が安定して継続するため、基本的な量産効果は当初の設定を越えることはない^{*1}。

一方、建築部品は動産的性格を持つためメーカーとユーザーとの間に消費サイクルを形成することが可能である^{*2}。一般的な工業製品と同様に市場が成立するため、部品メーカーに見込生産方式が誘導されるのである。従って、ここでも当初は短期的コスト挙動に基づいて生産設備が構築されるが、見込生産では、需要と供給が市場均衡するまで生産量は受注量に制約されず、最適生産規模に至るまで、部品メーカーは最適産出量のより大きな生産方法を指向して設備投資を行うことになる。つまり、オープンシステムでは、長期的コスト挙動が発生し、クローズドシステムよりも大きな量産効果が期待されるのである。

また、設計の自由度の確保という意味でも、建物を建築部品として分割することが出発点になっている。予めパッケージ化されなくとも建築部品が様々な建物に適合する状態であれば、それらを組み合わせることで建物を構築することが可能であり、部品の選択に個別的条件を反映させていくことで建物全体の個性を実現させることができるというのである。部分の組合せの自由度によって個性を達成するという考え方はクローズドシステムにも見られたものではあるが、現実的には生産負荷の問題から、システム内に用意される選択肢は極めて限定されざるを得なかった。それに対し、オープンシステム理念は、パッケージ化を回避し、部品の入手先を生産社会に開くことによって組合せの自由度を高めようとするのである。こうした設計の自由度は、クローズドシステムとの対比において、オープンシステムの長所として特に強調された点である^{*3}。

さらに、建物の部分単位に工業生産するという事は、社会的分業によって工業技術を導入することである。社会的分業は様々な生産主体からの部品供給を可能にするが、こうしてより多くの建築部品が供給されるようになれば、工業化の成果は建築生産社会により広く波及することになる。もちろん、こうしたアプローチではプレファブリケーションの容易な部分から部品化されていくので、即効性という意味では劣っている。しかし、徐々に工業化を伸展させるその漸進性は、既存の建築生産技術の中に工業技術を軟着陸させるという観点から、むしろ利点になると認識されたのである^{*4}。

このようにオープンシステム理念は、クローズドシステムの限界を乗り越えるものとして提出されたのであるが、一方で新たな問題を抱えることになる。それはパッケージ化の回避と表裏一体の問題である。それぞれ別の主体によって部品が生産されるとして、果たしてそれらの組合せが建物として有効に機能する全体をもたらすのか、つまり、オープンシステム理念に照らして適切な部品が供給されるかどうかは保証されていないのである。

当初、自由競争による自然淘汰という市場メカニズムに期待がかけられ、商品としての

*1 江口雄、プレファブリケーションの生産性向上効果に関する研究、東京大学博士論文、1965、pp.59-62。

*2 松村秀一、「住宅部品の夢と現実」、群衆25、1990、pp.61-62。

*3 新持時、開口部論、東京大学学位論文、1965、pp.93-98。

*4 新持時、開口部論、東京大学学位論文、1965、pp.107-109。

成立条件を重視した部品のあり方が提示された^{*1}。しかし、そうしたメカニズムは働かない。その原因については様々な指摘がなされている。例えば、多段階に渡る流通機構が、製造段階における量産効果を相殺し、健全な市場形成を阻害しているという指摘である。また、職人技能という別の価値創出手段が存在したため、設計者は部品に関する問題に基本的に無関心であったこと、さらに、個別設計において部品開発が行われたとしても、部品メーカーの継続的な生産の中に埋もれ、結局は一過性のものとして消費されてしまったことも指摘されている。個別設計から生まれた市販部品が確認されるとしても、それらは扉把手等であり、理念上の部品イメージからはあまりにも後退したものであった^{*2}。そもそも、工業製品の市場は不完全競争こそが支配的形態である以上、自由競争を前提とした市場メカニズムが働かないのは当然の帰結であった^{*3}。

部品メーカー主導の自然発生的な部品化が進むにつれて、それが単なる材料の置換に過ぎず、必ずしも建物全体の質的向上に結びつかないことが明らかになるのであるが、こうした現実、部品と建物、すなわち部分と全体の関係をコントロールする主体が先験的には存在し得ないというオープンシステム理念の弱点を告発していたと言えるであろう。従って、1960年代後半から70年代前半にかけて展開されたオープンシステム理念において、建築の部分を建築部品として適切なまとまりに再構成することがその主要な課題となるのである。

そうした動向は「オープン部品のコード」の変化に端的に現れている。序論でも指摘したように、当初のコードがある意味で商品としての成立条件に過ぎなかったのに対し、市販部品の開発傾向を踏まえ、部品の機能集約・高付加価値化に向けて修正されるのである。ここで、部品の機能集約・高付加価値化とは、メーカー主導の部品化によって関係性を失った部品群を組織化しながら、現場作業に依存していた内容を積極的に取り込むことを含意しているのであるが、これは部品概念のみならずオープンシステム理念を拡張させる契機となった。なぜなら、そうした部品概念の拡張がシステムズビルディング概念の包摂を可能にしたからである。

システムズビルディングとは、クローズドシステム開発の一つの手法として発生したものであり、ビルディングシステムの開発に大きな飛躍をもたらした概念である。技術的側面に関して言えば、二つの点で大きな飛躍が認められる。まず、その開発プロセスにおいてプロジェクトの全体目標は部分目標へと明確に分節されるため、ビルディングシステムは、建物全体のパッケージではなく、それぞれが明確に分割されたサブシステム群として提出される。また、そうしたサブシステムは基本的には工業生産された部品の集合体であるが、システムズビルディングという概念は必ずしも生産方式を限定していない。そのため、工場生産という文脈から離れて、サブシステムを現場作業のまとまりと捉えることも許容していた。つまり、オープンシステム理念における部品概念が、「建築物の部分とその部分に関する現場作業のまとまり」という内容にまで拡張された時点で、それは、システムズビルディング概念におけるサブシステムとほぼ重なるのである。

しかし、システムズビルディングにおけるサブシステムは、建物全体の使用価値と結び

*1 新持時、開口部論、東京大学学位論文、1965、pp.100-106。

*2 内田洋哉、建築生産のオープンシステム、彰国社、1977、pp.35-36。

*3 大石泰彦編、現代経済学入門〔増補改訂版〕、有斐閣、1973、pp.101-107。

ついて開発されているため、建築の部分として明確な輪郭を持ちながらも、建物全体の効用に貢献する。建物全体との有効な関係性を保持しているという意味において、部品メーカー主導の開発に見られた問題点は解消されているのである。そのため、サブシステムの開発手法は、特定のビルディングシステムの開発という文脈から切り放され、オープンシステム理念に欠如していた方法論を補完するものとして、その中に取り込まれることになる。その結果、サブシステムの育成を基盤としたトータルシステムの構築が、オープンシステムの発展イメージとして描かれるのである*1。

第2節 工業技術と設計者

第1項 新たな設計者像の発生

(1) システムの開発者

工業技術の導入を契機として、設計者と生産技術との関係に大きな変化が生じる。建築生産技術の変化は設計行為のあり方を大きく変容させるのであるが、その際、設計者という職能を工業技術との距離に応じて大きく二つに分化させるのである。その一つがビルディングシステムや部品開発を行う設計者である。実際には開発の実践は極めて少数の者に限られていたが、工業技術に着目するほとんどの建築家は、自らの職能をこうした開発型の設計者像に求めたと言えるであろう。

この様な工業技術に積極的に関与していく設計者像はヨーロッパの近代建築運動の中で明確に意識される。19世紀後半に始まる近代デザイン運動において社会に貢献する芸術が追求され、その過程で建築家は工業技術を受け入れるようになる*1。そして、1910年にはグロピウスが建築芸術と工業技術の統合を主導するという建築家の職能を表明するに至る。近代建築運動の中で生まれた建築デザイン理論は結局は工業技術とは無関係なものであったと後には総括されることになるが*2、産業社会における新たな建築家像を模索しようとしたとき、工業技術は近代建築デザインの実現と不可分であった。

システム開発に対する建築家の傾注は、戦後のある時期まではこうした職能意識の延長線上にある。しかし、建築家の職域を拡大させようとする動機に導かれ、この開発型の設計者像はビルディングシステム主義と呼ぶべき工業化思想の中で肥大化する。もちろん、グロピウスの表明にしてもそうした動機に基づくものであった。例えば、芸術と工業技術が統合された建築を「トータル・アーキテクチャー」と呼び、その実現に向けて様々な専門家の「共同」の必要性を説くとき、それが建築家によって主導されることを繰り返し強調するのである*3。

しかし、グロピウスはあくまで建築家を共同作業を行うチームの一員として位置付けようとしていた。一方、1969年に刊行されたビルディングシステムの代表的な理論解説書『Systems Building』では、排他性を強めながら建築家の職域拡大が自己目的化され、開発型の設計者は一種の超越的存在となる。「トータル・アーキテクチャーをめざして」という終章が示すように、この解説書は様々な点でグロピウスの言説に類似しているのであるが、そこでは建設業者主導の合理化は単なる能率の向上しかもたらさないと退け、建築家によるビルディングシステムの開発・運用のみが今後の建設方法として取り上げられる*4。つまり、従来は建設業者が中心的役割を果たしてきた工事要素を工業製品に置き換えることによって、開発型の設計者は全ての建設プロセスを統べる強力な組織者として位置付けられているのである。

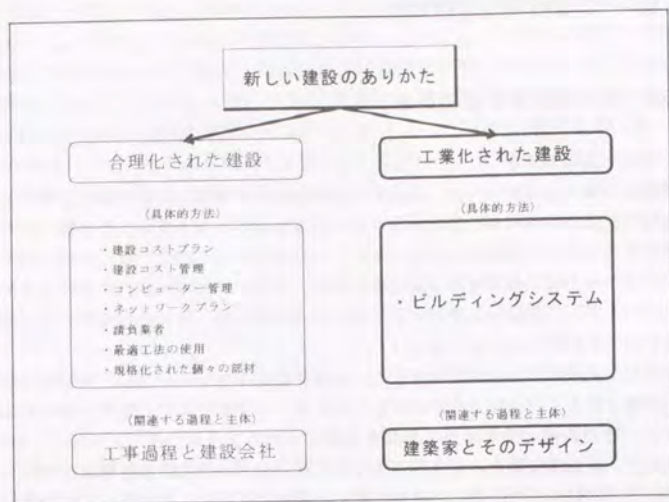
*1 内田祥哉、建築生産のオープンシステム、彰国社、1977、pp.331-339。

*1 ニコラス・ペグスナー、白石博三訳、モダン・デザインの展開—モリスからグロピウスまで、みすず書房、1957、pp.5-29。

*2 レイナー・バンハム、石原謙二・増成隆士訳、第一機械時代の理論とデザイン、鹿島出版会、1976、pp.480-488。

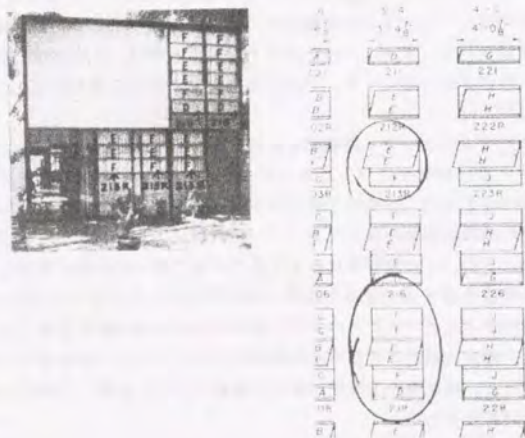
*3 Walter Gropius, *Scope of Total Architecture*, George Allen & Unwin Ltd, 1956.

*4 Thomas Schmid/Carlo Testa, *Systems Building*, Architektur Artemia, 1969, p.34.



出典：Thomas Schmid / Calvo Testa, *System Building*, Architektur Artemis, 1969, p.34.

図2-5 開発型設計者とビルディングシステム



出典：Ian McCalum, *Architecture U.S.A.*, The Architectural Press, 1959, p.126.

図2-6 イームズ邸の紹介のされ方

(2) 部品の選択者

ビルディングシステムの開発はその個別運用を前提としている。つまり、部品を所与のものとしてその詳細に立ち入らず、選択という行為を通して設計を行う者が必要になる。こうした選択型の設計者が工業技術導入によって発生したもう一つの設計者像である。

この部品選択という行為はビルディングシステムと個別条件とを整合させる作業であるが、建築生産工業化の最も大きな困難が工業技術の量産性と建物の個性性の対立であったことを考えれば、この作業がこのアプローチの成否の鍵を握っていたと言っても過言ではない。しかし、先のビルディングシステム解説書を典型として、ほとんどの場合、システム運用段階やその担い手の位置付けは曖昧である。実際、システム開発の失敗はこの段階の軽視に帰着することが多いのである。

むしろ、部品の選択によって設計行為における価値判断を行う設計者像は、オープンシステム理念の中で明確化されることになる。規格構成材方式を提唱した剣持はそうした「選択型の設計者」を将来の一般的な設計者像に位置付けるのである^{*1}。

そのモデルはチャールズ・イームズに求めることができる。1949年に建設された彼の自邸はイームズが自ら設計したものである。このイームズ邸は、そのほとんどが市販の規格量産部品で構成されており、工業化建築の重要な先駆例として知られている。当時の有力な建築雑誌『アーツ&アーキテクチャー』誌上で展開されたハウジングの啓蒙的実践活動「ケース・スタディ・ハウス」の一つであったこともあり、1950年代の建築界に様々な影響を与えているからである。例えば、CLASPから始まるイギリスの学校建築システムを特徴づける諸要素—軽量鉄骨フレーム、デッキプレート、ピンジョイントブレース、規格品による軽量壁の構成等—には、イームズ邸の直接的な影響が認められる^{*2}。

こうした物的影響以上に重要なことが、カタログを用いて市販部品を選択するというイームズ邸の設計方法自体が与えた影響である。それは図2-6のようなイームズ邸の紹介のされ方が雄弁に物語っている。オープンシステム理念は生産社会の全体的な工業化を目指すものであるが、イームズ邸が建設された1949年の時点でアメリカは既に高度な工業社会に到達していた。建築設計を選択という行為に全面的に委ねたイームズの設計手法はそうした土壌が可能にしたのである。イームズの影響下にあった剣持にとって^{*3}、「選択型の設計者」を設計者の将来像と見なすことは当然のことであったと言えよう。

こうした設計方法が工業社会における建築設計のモデルと成り得たことは、選択という行為に二つの性質を認めることによって根拠づけられている。その一つは、選択という行為が工業製品の入手方法として一般性を持っていたことである。産業社会では生産者からユーザーへ渡る生産物が「完成品」という姿をとることが多いため、完成品の選択という局面に限られた財の入手方法は一般的であり、そうした制限された方法であっても市場環境の整備によって設計者のユーザー利益は保障されると社会的にも見なされたのである。

もう一つは、建築生産の工業化を実践する上で有効性を持っていたことである。建設活動が個別的な受注から始まるのに対し、量産を前提とする工業技術は不特定需要に向けて

*1 剣持吟, 開口部論, 東京大学学位論文, 1965, pp.104-106.

*2 Berry Russell, *Building Systems, Industrialization and Architecture*, John Wiley & Sons, 1981, pp.300-302.

*3 佐藤考一, 「オープンシステム理念における設計行為に関する考察—「規格構成材方式」の検討を通して」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)1994年9月, pp.887-888.

見込生産することで成立しており、工業生産と建築生産は基本的には対立する。しかし、選択という行為を導入することによって見込生産品を建築設計で扱うことが可能となり、見込大量生産と受注個別生産という異なる生産方式の間に妥協点が成立したのであった。

しかしながら、選択行為が消費財の入手方法として一般性を持つとしても、そうした制限された行為が建築設計行為のモデルと成り得るか、その妥当性は検討されてはいない。規格構成材方式が提唱された頃は建築部品がようやく生産され始めた状況にあり、選択行為に基づく設計行為は、部品産業が発達したときの将来的な一般解として、また設計者の主体性発揮と予定調和するものとして、その妥当性への問いは留保されたのである。

実際、選択型の設計者は部品メーカーに対して受動的立場しか取り得ない。市場を介した間接的なコミュニケーション回路しか開かれていないからである。従って、部品メーカーから適切な部品が供給されず、それらの質的向上を促すメカニズムも機能しないとすれば、選択型の設計者は健全な建築設計を行うことが恒常的に不可能になる。前節で述べたように、オープンシステム理念の問題点はここに集約されるのである。

もちろん、この問題が看過されていたわけではない。こうした事態の発生を危惧した剣持は、生産機構へ踏み込んで部品改良を迫る「支配型の設計者」という超越的な設計者をその理念の中に用意したのである。このことはオープンシステム理念においても設計者は二分されざるを得ないことを意味している。工業化理念によって何れの位置付けに重きを置くかの違いはあるが、工業技術の導入は、開発型の設計者と選択型の設計者というそれまでの建築設計者とは異なる設計者像を生み出したのである。

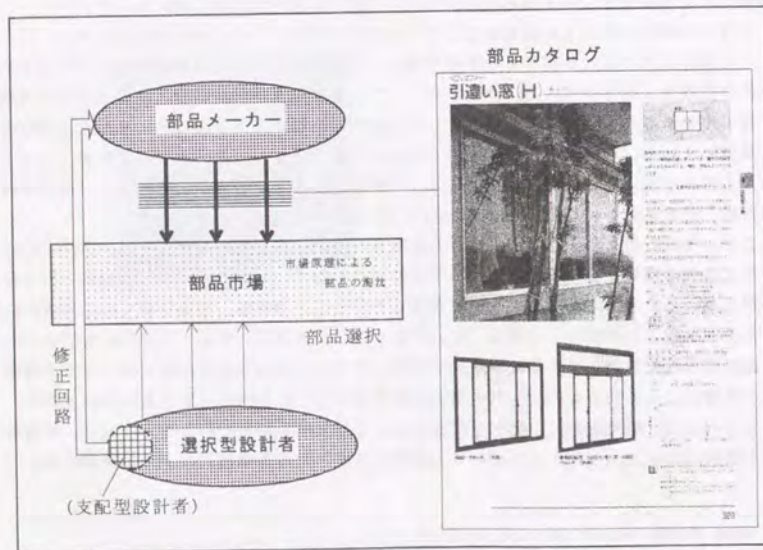


図2-7 規格構成材方式における設計者と部品メーカーの関係図式

第2項 工業技術とのコミュニケーションツール

(1) 開発者とアクソノメトリック

工業技術は建築設計者にとって新しい技術体系である。そのため、この技術を活用するためには新しいコミュニケーションツールが必要になる。工業技術の導入は設計者という職能を工業技術との距離に応じて開発型と選択型の二つに分化させたわけであるが、それぞれに別のコミュニケーションツールが用意されるのである。

ビルディングシステム等を開発する前者にとっては、設計内容を製造主体に伝えるための伝達手段が必要となる。もちろん、基本的には図面という媒体が用いられるのであるが、部品の複雑な形状やその組立方法を表現するために、軸測投影図法（アクソノメトリック）という新しい図法が開発型設計者のツールとして導入されるのである。

そもそも、このアクソノメトリックという図法は機械を表現するために考案されたものである。経験的アクソノメトリックとも言うべきものは14世紀頃には現れているが、19世紀に入ってからウィリアム・ファリッシュによって図学的に整備されている。彼はケンブリッジ大学で工学を講義していた人物であるが、基本的な機械運動を説明するために機構模型セットを考案し、その組立を助手に指示するためにアクソノメトリックを開発したと言われている^{*1}。

こうした出自のアクソノメトリックという図法がビルディングシステム関連の様々な文献に現れる。初期の例としては、モデューラー・ソサイアティの創始者マーク・ハートランド・トーマスが1947年に刊行した『Building is Your Business』が挙げられる。ここでは建物の組立順序を示す透視図に物的構成を示すアクソメが添えられている^{*2}。また、プレファブ住宅の成功例として知られるARCONのMark Vでは145社の製造業者によって製作される2500もの部品がアクソノメトリックによって表現されている^{*3}。そして、モデューラー・ソサイアティの成員が1963年に刊行した『Modular Premier』になるとアイソメトリック（等軸測投影図法）の用紙が収められているのである。

アクソノメトリックは今日では建築の表現方法として一般的なものであるが、その普及に決定的な影響を与えたのはジェームズ・スターリングである。そして、彼の場合も工業技術に対する関心がこうした表現方法と建築設計を結び付けている。スターリングはCLASP等のビルディングシステム開発に影響を受けており、アクソノメトリックという技法の背景には建築物を部品で構成するという考え方が存在しているのである^{*4}。実際、彼の最初の仕事である一連のローコスト・ハウジングでは、グリッドによるコーディネーション、部品寸法の使用範囲の制限、接合部ディテールの制限、という方法で在来構法の合理化と既製部品の導入を図っている。

このようにアクソノメトリックという図法と建築生産の工業化は深く結び付いているの

*1 正確には、ファリッシュが研究した図法は直交3軸の縮み率の等しい軸測投影図法（等軸測投影図法）である。

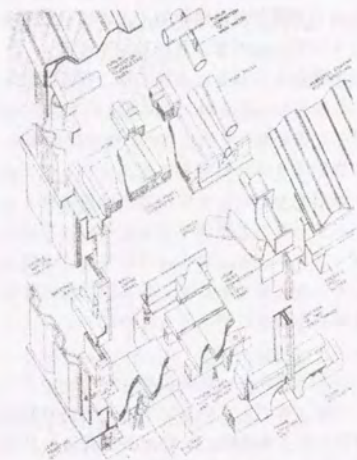
日本図学会編、図形科学ハンドブック、森北出版、1980、p.3。

*2 Modular Society は、Mark Hartland Thomas によって1953年に設立された団体である。イギリスにおいて、部品の工業生産やモデューラー・コーディネーションの普及に大きな影響を果した。

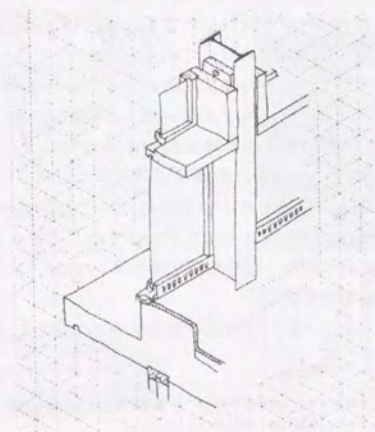
*3 ARCONは、Eric Neel、Rodney Thomas、Raglan Squire らによって、建築のプレファブ化を目指して設立された事務所であり、後に製造業者を組織化してグループを形成した。イギリスの住宅政策に用いられ、1944~1948年の間に41000戸の住宅が作られた。

*4 Charles Jencks, *Modern Movements in Architecture*, Penguin, 1973, pp.262-263.

である。機械の表現方法として生まれたアクソメトリックは立体を歪みなく表現するため、建築の空間やディテールを正確に伝達することが可能である。そのため、従来の平面図や断面図に代わる表現手段として開発型の設計者の決定的なツールとなったのである。



(1) ARCON の部品



(2) 『Modular Premier』中のアイソメ用紙

出典：Barry Russell, *Building Systems, Industrialisation and Architecture*, John Wiley & Sons, 1981, p.242,315.

図2-8 ビルディングシステム関連の文献に見られるアクソメトリック

(2) 選択者とカタログ

一方、選択型設計者のツールとなるのがカタログである。市場の成立と商品情報の流通は不可分であり、一般的に消費者はカタログという媒体を通して商品情報を得る。オープンシステム理念が目指す生産社会は部品市場の成立を前提としたものであり、そこでの設計行為はカタログという情報媒体と密接に結び付いているのである。チャールズ・イームズが選択型設計者のモデルと見なされたのも、図2-6に示されるように彼の設計手法がカタログと結び付いていたからこそである。

カタログとオープンシステムや選択型設計者の結び付きを示す例は枚挙にいとまがない。例えば、ブラッシャーやボノムはオープンシステムをカタログによるオーダー方式と定義するのである*1。また、表1-2に示した剣持の「規格構成材のコード」にしてもほとんどの項目がカタログの内容規定として理解できるものであり、図2-7に示したようにカタログはオープンシステム理念に欠くことのできない要素として位置づけられるのである。

*1 Gerald Blachère, "The Consequences of the Open System on Design and Integration", *Towards Industrialised Building - Proceedings of the third CIB Congress, Copenhagen, 1965*, Elsevier Publishing Company, 1966, pp.238-239.
カミーユ・ボノム/ルイ・レオナルド、水田喜一郎/松谷蒼一郎、住宅生産の工業化—量産システムの理論と実際、鹿島出版会、1970、p.271。

(3) 性能仕様による部品発注

部品メーカー主導の部品開発が進むにつれて建物と部品の関係性が混乱し始め、オープンシステム理念にサブシステム開発というシステムズビルディング手法が導入される。こうしたサブシステム開発と結び付いたツールが性能仕様 (Performance Specification) である。

この性能仕様はシステムズビルディングの先駆であるSCSDにおいて、システム開発者と部品メーカーの合意形成のツールとして用意されたものである。SCSDがそれまでのビルディングシステム開発と大きく異なっている点は、部品メーカーの保有技術を引き出すために、システム開発者の役割はプロジェクト統括と部品の性能基準開発に限定され、部品の詳細設計は部品メーカーに任せられたことにある。そのため、システム開発者の要求を明確に伝達しながらも、部品メーカーの主体性発揮を可能にする情報伝達ツールが要求されたのである。

ここで重要なことは、一方的な情報伝達を行うのではなく、開発者と部品メーカーの合意形成という点に配慮されていることである。SCSDの成功の要因は、こうした技術面を含め、様々な段階で合意形成の枠組を用意できたことにあると言っても過言ではない^{*1}。また、ハウジングシステムにおけるサポートとインフィルの分離を提唱したニコラス・J・ハブラーケンは居住者参加の文脈で捉えられることが多いが、むしろ設計者という職能がハウジングにおける合意形成に如何にして参加できるかを問題にしている^{*2}。つまり、ハブラーケンの場合であれば、ビルディングシステム自体を合意形成の枠組として用意しようとするのである。

システムズビルディングという手法は、このようにオープンシステム理念に欠如していた技術的な合意形成ツールの試行として位置づけられる訳であるが、必ずしも一般的な広がりを見せたと言えるものではない。他方、今日では建築設計に対する工業技術の寄与について積極的な言説を述べる建築家はむしろ例外的な存在である。こうした意味においてノーマン・フォスターは例外的な建築家である。システムズビルディング手法を一般的な建築設計で実践しているフォスターは、自分の経験に照らしながら、コミュニケーションの枠組さえ整えば今日の部品メーカーから様々な可能性を引き出せると度々指摘するのである^{*3}。

*1 Eran Ehrenkrantz, "Keynote speech", The Hennessy Symposium, MIT, 1983.

*2 Nicolass J. Habraken, "Who is Participating? - Towards a new professional role", Design Coalition Team vol.1 - Proceedings of the International Design Participation Conference, 1985, pp.1-10.

*3 Cris Abel, "From Hard to Soft Machines", in Foster Associates(ed.), Norman Foster Vol.3, Watmark, 1989, p.12.
Norman Foster, "Design for Living", in Foster Associates(ed.), Norman Foster Vol.1, Watmark, 1989, p.107.

表2-1 SCSDで提示された性能仕様

●構造サブシステム	
1. サブシステムの部品	柱、主梁、屋根桁、ルーフィング、雨押え、断熱材
2. 寸法基準	7,200ft ² までを軸柱で覆えること。また、プランニングの柔軟性を担保するために以下の部材寸法が要求される。 ①柱: 1階の天井高として10, 12, 14, 16, 18ft 2階の天井高として10, 12ft ②片持梁: 5, 10ft ③主梁: 10, 15, 20, 25, 30ft ④屋根桁: 30, 40, 45, 55, 60, 70, 75, 90, 110ft 床桁: 30, 40, 45ft
3. 建物形状	以下の形状とその組み合わせに適合できること。 ①屋根の開口 ②片持梁 ③1階建と2階建 ④入隅 ⑤天井高の変更 ⑥床レベルの変更
4. 荷重条件	①屋根: 積載荷重 20lb/ft ² 固定荷重 5lb/ft ² +躯体、ルーフィング ②床: 積載荷重 50lb/ft ² 固定荷重 26lb/ft ² +躯体
5. 寸法公差	たわみはスパンの1/360 (スパンが70, 75ftの場合は最大2in)
●換気暖冷房サブシステム	
1. サブシステムの部品	暖房・空調・冷房装置、こうした装置の配管・制御装置・配線
2. 性能基準	①湿度: ±2度 ②排気量: 最低でも毎分8ft ³ /人 ③総給気量: 最低でも毎分30ft ³ /人 ④気流: 毎分20~50ft ⑤熱負荷: 外壁200ft ² 当り6000Btu/時 ⑥外気温の範囲: 華氏30~100度
3. メカニカル・サービス・モジュール	換気暖冷房サブシステムは、4inのプランニングモジュールに従うどの様な間仕切配置に対しても、最低3,600ft ² の面積を性能基準に保つこと。さらに、450ft ² までの区画に対しては個々にコントロールできなければならない。よって、一つのメカニカル・サービス・モジュールは1~8個のコントロールゾーンによって構成される。
4. フレキシビリティ	建物の存続中に空間の分割が再配置される場合には、換気暖冷房サブシステムは、装置の変更、他のサブシステムへの影響、そして性能基準の犠牲を伴うことなく再配置の多様性を許容すること。
5. 保全契約	製造業者は長期間に渡る保全契約を提供しなければならない。それは、20年間にまで引き延ばすことが可能であり、定期的な点検、故障あるいは必要であれば予防的な部品交換が含まれる。
●照明・天井サブシステム	
1. サブシステムの部品	このサブシステムは統合的な天井を構築するものであり、天井用の不透明な平パネルを含めて、全ての照明、音響、天井部材から構成される。換気暖冷房サブシステムによって給排気がなされない場合には、こうした機能も提供する。
2. 学習スペースの照明	サブシステムには光天井、直接照明、半間接照明という三つの照明タイプが含まれる。これら三つの異なる照明システムは学習スペースに用いられるものであり、それぞれ同一の照明基準を満たすものである。また、体育館の照明や廊下等の付属的なスペース用の部品も含まれる。
3. 学習スペースにおける性能基準	作業面の平均照度は少なくとも70ft-cdが保たれること。 壁面から4ft以上離れた場所では、作業面の照度は平均照度と同レベルから25%以内の低下に留めること。 直接グレアゾーンの最大輝度は350ft-L以内。間接グレアゾーンの最大輝度は500ft-L以内。 吊り天井や付属部品を用いて天井の特定部分を通常の天井面より12、24in下げることが可能であること。
4. フレキシビリティ	5ftの構造モジュールの中で部品の再配置が行えること。再配置の性格上、他のサブシステムの要求に適合できること。
5. 互換性	照明・天井サブシステムは、内部に柱が存在しても、照明の取り付けられない範囲が5ftモジュール一つ分で済むこと。 間仕切が4inのプランニングモジュールに従ってどの様に増殖しようとも、間仕切を妨げず、また照明・天井サブシステム自体も十分に安定していること。 換気暖冷房サブシステムによって課せられた要求を承認し、必要な装置を提供すること。
●間仕切サブシステム	
1. サブシステムの部品	空間を床から天井まで垂直に分割できる要素構成され、次の3種類がある。 ①固定間仕切: 永続的にセットされた間仕切 ②可動間仕切: 新たな配置に対して間仕切や付属部品の最小限の再工事で移動できる間仕切 ③移動-作動間仕切: 設置場所で自由に動かせる、建物の構造から全く独立して取り外して何処にでも再配置できる間仕切。この間仕切にはパネル式とアコーディオン式があり、前者には通行用のドアが設けられる。
2. 寸法基準	厚さに関する間仕切プランニングモジュールは、固定間仕切や可動間仕切の場合、3または4inである。 固定間仕切と可動間仕切のパネルの水平方向寸法は3ftドアに適合し、5ftの構造モジュールに関連していること。 天井高に対する垂直方向のモジュールは10~16ftの範囲で2ft刻みである。固定間仕切にはこれら全ての高さが用意される。可動間仕切と移動-作動間仕切の場合は10ftと12ftのみである。
3. 性能基準	固定間仕切と移動間仕切では片面毎に独立して表面を変更できること。 学校関係者自身が可動間仕切を移動し、それらの個々のパネルの移し替えを行えることができること。 固定間仕切と移動間仕切では水平垂直の両方向に設備の貫通を許容すること。 慣れた者であれば一人でも1週間以内に作動間仕切を移動できること。 作動間仕切は自立すること。但し、設置後は付属部品によって構造材に止め付けられる。 作動間仕切は2514以下の圧力で開閉できること。
4. 固定間仕切と可動間仕切の表面仕上げ	①基本パネル (黒板や掲示板に使えろ丈夫なもので、このパネルに関しては25色を用意する) ②黒板用パネル ③掲示板用パネル ④ガラスパネル ⑤バックアップパネル

出典: EFL(ed.), SCSD—the Project and the Schools, EFL, 1967, pp.40-53.

第3項 建築設計における選択行為の限界

以上、これまでに提出された工業化理念について建築設計との関わりから総括した。建築生産の工業化に大きな役割を果たしたアプローチは、ビルディングシステム開発とオープンシステム理念であるが、こうした実践的な成果を上げたものは、工業技術を建築設計に活用するために従来には見られないツールを提出したという点で共通している。特に、オープンシステム理念は今日でも設計者と部品メーカーの布置を支えており、この理念が提示したカタログというツールは、今日の設計業務の中で日常的に用いられるようになってきている。このことはオープンシステム理念が提示した生産社会イメージがある面で現実化したことを示していよう。

しかし、そのことは必ずしもカタログが期待通りに機能していることまで意味する訳ではない。現在のカタログには二つの大きな問題が認められるのである。まず、カタログの中には単なる商品紹介に留まっているものが少なからず存在している*¹。これらは部品に関する基本的情報が欠如しており、設計資料としての体裁をなしていないとさえ言えるものである*²。

一方、表1-2のコードをほぼ満たし、設計資料としても整備されたカタログにはまた別の問題が生じている。開口部品や水廻り部品等のカタログは最も整備されたものであるが、今日では相当な大冊である*³。これは、製品ラインナップの強化に伴って多品種少量生産を指向した生産方式が部品メーカーによって模索され、さらにこうした多品種対応力の向上が様々な製品開発を加速させるという状況の中で、微妙に属性の異なる製品がカタログ上に追加され続けた結果である。そのため、部品間の差異の弁別性は大きく低下し、カタログの検索効率も大幅に低下しているのである。

これは単に効率の問題に留まるものではない。例えば、住宅用アルミサッシのカタログは上位4社のものを合わせると約10,000ページになるが、この中から最適なサッシを引き当てることが果たして現実的に可能であるかどうか、保障の限りではない。つまり、多品種化が爆発的に進行した結果、選択という行為そのものの効用が減少し、オープンシステム理念が用意した選択行為に基づく設計行為を破綻させつつあると言えるのである。

*¹ 第6章第2節で詳述する。

*² もちろん、こうしたカタログのそもそもの目的が商品紹介のみに限定され、設計資料が別に用意されている場合もあるため、一概に問題視することはできない。

*³ 第4章で詳述する。

第3章 建築部品の生産方式の変容

第1節 工業における生産方式の変遷

第1項 近代的工業生産方式の発生

- (1) 成行管理から課業管理へ
- (2) 少品種大量生産方式の発展

第2項 多品種少量生産方式への転換

- (1) 市場の変化と在庫負担の急増
- (2) 多品種少量生産方式の特徴

第2節 多品種少量生産方式の主要な手法

第1項 単位の概念的操作

- (1) 部品中心生産
- (2) グループ・テクノロジー (GT)

第2項 計画手法

- (1) ロット・スケジューリング
- (2) 資材所要量計画 (MRP)

第3項 実施手法

- (1) 在来型汎用工作機の改良
- (2) 工作機の高度化

第3節 今日の建築部品生産に関する分析

第1項 調査概要

第2項 調査結果と分析

- (1) アルミサッシ
- (2) 外壁パネル
- (3) 鉄骨梁
- (4) ユニットバス
- (5) ALC
- (6) 木質パネル
- (7) PCa鋼製型枠

第3項 建築部品生産の実態

第1節 工業における生産方式の変遷

第1項 近代的工業生産方式の発生

(1) 成行管理から課業管理へ

近代的工業生産方式の成立は18世紀半ばの産業革命に端を発しているが、経営学等の史的考察よれば、組立工業に今日的な生産方式をもたらした契機は1880年代のアメリカで発生した「能率増進運動」に求められるという*1。

能率増進運動は工場労働者の組織的怠業の対策として展開されたものである。当時の一般的な賃金支払制度は出来高払いであったが、労働者の出来高が増加すると経営者は賃金単価切り下げを度重ねて行った。能率増進運動は、労使対立の原因をこうした賃金支払制度の不合理性に求め、支払制度の工夫によって賃金単価切り下げを防止しようとしたのである。

この能率増進運動を「科学的管理運動」へと発展させたのが、「課業管理」の創始者フレデリック・W・テラーである。テラーの課題も組織的怠業であったが、彼は労使対立の要因を賃率設定の不合理性に見出す。賃金単価設定の出发点となる基準作業量の設定方法の曖昧さに着目し、合理的に定められた一日の作業量、つまり「課業」の遂行度合いに応じて賃金単価を設定しようとしたのである*2。

この課業という概念の導入は工業生産方式に大きな転換をもたらすことになる。課業を定めるためには各作業の標準作業時間の確定する必要があるが、テラーは各作業を要素動作に分解し、各要素動作の必要時間を精密に測定することによって標準作業時間を求めたのである。つまり、彼は後にIE手法として発展することになる「作業研究」を通じて標準作業時間を割り出したのであるが、一方でこうした分析は加工・組立作業の標準化を促進することになったのである。

(2) 少品種大量生産方式の発展

テラーの科学的管理法は今日の工場管理の先駆けであるが、もちろんこれは大量生産方式に認められる一つの側面に過ぎない。大量生産方式の主要な特徴としては、科学的管理方法の他に少なくとも、ロジスティックな工場、分業化された組織、そして専用工作機を多用した製造ラインの存在が指摘されているからである。

こうした生産方式を初めて実践したのはフォード自動車とされている。フォード自動車は1908年から組立作業のフローライン化に取り組み始め、1913年に最終組立ラインを完成させたという*3。分業化や専用工作機の多用は既に19世紀のアメリカ工業界に広く見られ

*1 高橋重隆、経営管理絶倫（新訂版）、千倉書房、1956、pp.35-173。

*2 フレデリック・W・テラー、上野橋一訳、科学的管理法（新版）、産能大学出版部、1969、pp.3-39。

*3 チャールズ・E・ソレンセン、福島正光訳、自動車王フォード、角川書店、1969、pp.139-158。

る現象であり^{*1}、フォード自動車の生産方式もこうした大量生産方式の初期的發展を土台としている。しかし、コンベアシステムを要とする組立ラインを開発したフォード自動車は、組立作業工程の同期化を実現し、組立工業における大量生産方式を大きく飛躍させたのである。

その劇的な發展は「フォードT型」の販売価格に現れている。T型は1908年から27年にかけて1500万台が製造されたが、表3-1に示されるように販売価格は生産量の増加に従って引き下げられ、当初の950ドルという販売価格は最終的には1924年に290ドルにまで低下したのである。こうしてフォードの生産方式は、工業生産における劇的な量産効果を実現し、大量生産方式のモデルとして様々な製造業に影響を与えることになったのである。

表3-1 フォードT型の生産量と販売価格の推移

年度 ^{*2}	生産量(台数)	価格(ドル)
1909-10	18,664	950
1910-11	34,528	780
1911-12	78,440	690
1912-13	168,220	600
1913-14	248,307	550
1914-15	308,213	490
1915-16	533,921	440
1916-17	785,432	360
1917-18	706,584	450
1918-19	533,706	525
1919-20	996,660	575→440
1920-21	1,250,000	440→355

出典：Henry Ford, *My Life and Work*, Garden City, 1922, p.145.

*1 小兵器製造によって取敢した金属加工技術が、ミシン、時計、農業機械等に展開されることによってアメリカの製造方式と呼ばれるものが19世紀に整備されていったという。

オットー・マイヤー/ロバート・C・ポスト編、小林達也訳、大量生産の社会史、東洋経済新報社、1984、p.72。
*2 当時のフォード自動車の事業年度は10月1日から始まる。また、1917年4月から1918年11月まではフォード自動車の工場は軍需工場として稼働していた。

第2項 多品種少量生産方式への転換

(1) 市場の変化と在庫負担の急増

フォードに代表される大量生産方式は、ロジスティクス、組織の分業化、そして工作機の専用化によって量産効果を極限まで得ようとするものであるが、こうした生産方式は生産品の少品種化を前提として発達したものである。しかし、量産品の市場でも消費者ニーズの細分化や製品ライフサイクルの短期化によって次第に製品の多品種化が求められるようになる。製造業者はこうした市場の質的变化に対応して製品ラインナップ強化や新製品開発を行うが、市場の規模拡大の鈍化に伴って市場占有競争が激化し、製品の多品種化に益々拍車がかかることになる。

日本の産業の多くが1970年代にはこうした状況に突入したと言われているが、製造業者の一般的な対応策は在庫を抱えることであった。つまり、多品種化の進行に伴って品種当たりの必要生産量は短期的には減少するが、部品や製品を在庫として見込ロット生産することで量産効果を確認しながら、それらの在庫によって販売の機会損失を回避し、さらに短納期化にも対応しようとしたのである。しかし、製品の急速な多品種化は仕掛品や部品・製品在庫を指数関数的に累積させることになり、こうした棚卸資産回転率の低下は製造業者の利益率を大きく減少させることになったのである。

(2) 多品種少量生産方式の特徴

こうした状況を反映して、1970年代後半頃から様々な製造業で多品種少量生産方式への転換が試みられるようになる。多品種少量生産方式のモデルとしてトヨタ生産方式が目されるようになるのもこの時期である。しかし、フォード生産方式に代表される少品種大量生産方式と比較すると、「多品種少量生産方式」は必ずしも判然としたものではない。量産効果の追求という明確な行動目標を持つ前者に対し、後者の場合は多「品種」にしても少「量」にしても尺度は常に相対的である。それでも多品種少量生産方式の主要な特徴を指摘することは可能である。表3-2は多品種少量生産に伴う困難をまとめたものであるが、これらの対応方法にある程度の定石が存在するのである。そしてそれらは基本的には見込生産方式を高度な受注生産方式に転換する試みなのである。

まず、工場設備レイアウトに一定の傾向が認められる。工場設備レイアウトは製造技術の性格を直接的に反映しており、少品種大量生産では加工順序に応じて工作機を配置する「フローライン型(機能的)」レイアウトが採用される。一方、手工業的な多品種少量生産の場合には同種の工作機をまとめて配置する「ジョブショップ型(機種別)」レイアウトが採用されてきた。しかし、今日の多品種少量生産方式では両者の中間形態である「セル型(グループテクノロジ的)」レイアウトが採用される傾向にある。このセル型レイアウトは類似部材別の工作機配置に特徴があるが、こうした配置によって多品種対応と物流の円滑化を両立させようとするのである。

次にセル型レイアウトに基づいて製造工程が精緻化される。ロット生産では仕掛品在庫が工程間のバッファとして機能する。そのためロットの縮小に比例して仕掛品在庫を減少させて行く各工程の連続性が次第に高まり、ジャストインタイム化された個別生産に

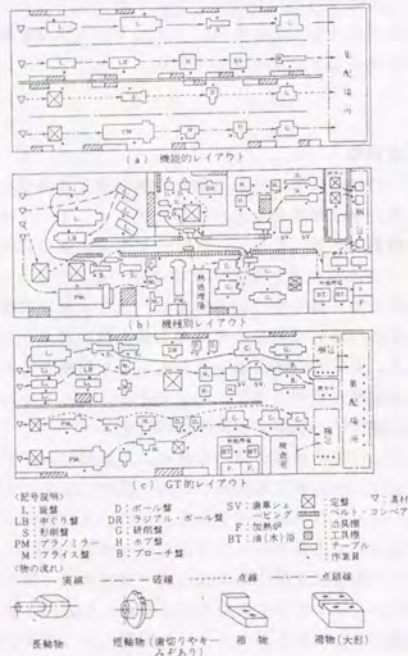
至って製造工程は最高度に精緻化されるのである。

また、製品の多品種化は各工程の作業内容を多様化させるため、製造能力の柔軟性を高める必要がある。しかし、ある工程で作業内容を変更するためには工具や治具の変更が必要であり、こうした段取り替えは製造工程の隘路となりやすい。そのため工作機の汎用化と段取り替え時間の短縮化が同時進行で行われることが多いのである。

表3-2 多品種少量生産に伴う困難

1. 生産品目の多様性	: 製品の品種が多く、生産数量や納期が多様である。
2. 生産工程の多様性	: 素材から製品を作る手順が多様で、'物の流れ'が個々のジョブによって異なる。
3. 生産能力の複雑性	: 製品が多様であるため、受注量次第で生産設備に過不足が生じやすい。
4. 環境条件の不確定性	: 受注品の仕様・数量・納期の変更、特急仕事の発生、外部購入品の納入遅れなどが生じやすい。
5. 工程計画の困難性	: 受注品の仕様変更に応じた生産工程の変更が頻発するため工程計画や日程計画の最適化が困難である。
6. 生産管理の困難性	: 作業が複雑であるため、設備故障、作業者欠勤、習熟効果の欠如、不良品の出現などが起こりやすい。

参考: 人見勝人, 生産システム工学 (第2版), 共立出版, 1990, p. 44.



出典: 人見勝人, 生産システム論—現代生産の技術とマネジメント, 同文館, 1990, p. 21.

図3-1 工場設備レイアウトの3つの形式

第2節 多品種少量生産方式の主要な手法

第1項 単位の概念的的操作

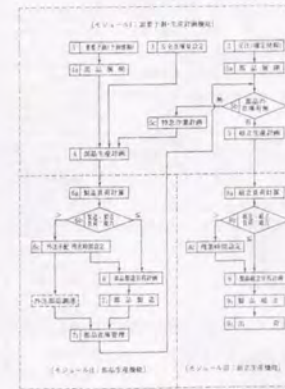
(1) 部品中心生産*

前節では多品種少量生産の特徴を概説したが、本節では経営工学における既往研究を援用しながら多品種少量生産方式に見られる主要な手法を具体的に提示したい^{*2}。

見込生産方式では欠品を避けるために製品を在庫することが一般的である。しかし、多品種化に伴う在庫負担の増大は製品在庫を破綻させることになる。「部品中心生産」とは需要予測に基づいて先行的に部品を見込生産することである。この生産方式は在庫の単位を部品に変えることで製品の多品種化に対応するという考え方に基づいており、受注から製品完成までのリードタイムが組立に要する日数だけで済むという特徴がある。

つまり、製品が多様化しても部品には共通な物が多い。こうした性質を利用することで製品の受注生産を部品の見込生産に転化し、量産効果の向上とリードタイムの縮減を図ろうというのである。部品をオプションとして顧客に自由に選択させる販売方式は「オーガニゼンター・システム」と呼ばれるが、部品中心生産はこうした販売方式とも密接に関係している。

部品中心生産には情報システムの開発が欠かせないが、基本的には図3-2に示される三つモジュールで構成される。



出典: 人見勝人, 生産システム論—現代生産の技術とマネジメント, 同文館, 1990, p. 103.

図3-2 部品中心生産システムの構成

*1 第1章で述べたように本研究では「部品」という用語を「建築物の生産上の分割単位」という意味で用いている。しかし、本節では「工業製品の生産上の分割単位」というより一般的な意味で用いる。

*2 本節の内容は主に下記を参考としている。

人見勝人, 生産システム工学 (第2版), 共立出版, 1990.

人見勝人, 生産システム論—現代生産の技術とマネジメント, 同文館, 1990.

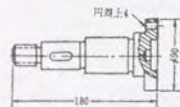
(2) グループ・テクノロジー (GT)

グループ・テクノロジーは別名「部品群加工」と呼ばれる手法である。部品を形状、寸法、加工法の類似性に基づいていくつかのグループに集約し、それぞれのグループに含まれる部品群をロットの単位と見なす考え方である。

図3-3に部产品分类を例示したが、グループテクノロジーの基本は系統的な「部产品分类システム」にある。こうした分類によって部品をコード番号によって示すことが可能になるとCADによる図形情報処理や部品検索が容易になり、以前に生産した反復部品や類似部品の場合には、部品設計、工程設計、見積もりを簡素化することができる。

多品種少量生産におけるグループ・テクノロジーの最も大きな効果は、工場設備レイアウトをジョブショップ型からフローライン型に近づけられることである。つまり、一品的な個別生産を行わざるを得ない場合は図3-1(b)のようにジョブショップ型にするが、こうしたレイアウトでは物の流れが錯綜する。グループ・テクノロジー加工が可能であれば軸物と箱物をそれぞれグループ化することで図3-1(c)のセル型レイアウトが可能となり、物の流れは遥かに円滑になり能率も向上する。この場合の物の流れは上下の2部門に分かれるが、各々はグループ・テクノロジー・フローラインと呼ばれる。

第1桁	第2桁	第3桁	第4桁	第5桁
部品等級	外面形状 外部形状要素	内面形状 内部形状要素	平面加工	他の穴加工と 歯切り
0	$L/D \leq 0.5$	加工しない	加工なし 貫通穴なし	他の穴加工なし
1	$0.5 < L/D < 3$	平面形状要素なし	平面加工なし 深溝穴および/ または一方に 曲った外面	軸方向 割出しあり
2	形状要素なし	形状要素なし	あるピッチでま たは外溝	軸方向 割出しなし
3	一方に 増大	ねじ	外溝のみぞおよ びまたは切欠き	軸方向および/ または歯切り ありおよび/ またはその他の 方向
4	歯切り要素を 含む または歯 切り要素を 含む	溝を有する パイプ(注方向 切り)および/ またはねじ	スプライン(多 角形)外面	軸方向および/ または歯切り ありおよび/ またはその他の 方向
			外面のスプライン のみぞおよび/ または切欠き	平面加工 他の穴加工なし
			平面内面および/ または内溝 のぞみ	平面加工 他の穴加工あり
			スプライン(多 角形)内面	かさ歯加工
			スプライン内面 外溝のみぞおよ びまたは切欠き	歯の歯切り
			その他	その他



(形状コード) <加工工程>

1	回転部品
13	$0.5 < L/D < 3$
131	片側形状: 一方内径増大、ねじ付き
132	片側形状: 一方内径増大、形状要素なし
133	平面加工: 外溝のみぞ
1332	他の穴加工と歯切り: 穴あり

出典: 人見勝人, 生産システム論—現代生産の技術とマネジメント, 同文館, 1990, p. 99.

図3-3 部产品分类システムの例

第2項 計画手法

(1) ロット・スケジューリング

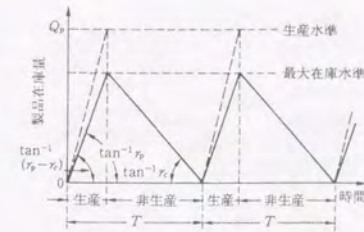
見込生産で製品の多品種化に対応する場合、それぞれの製品について一定期間の需要量を周期的に生産することになる。こうした生産方式は「ロット生産」と呼ばれ、周期的に生産される単位生産量が「ロット」である。

こうした生産方式を実施するためには周期的に作る経済的ロット量 (Q^*) と生産サイクルの周期 (T^*) を計画する必要がある。これらの最適化に関する問題は古くから検討されており、一般的には生産費用、段取り替え費用、在庫費用から構成される総費用を最小化することによって得られ、下式で示される。

$$Q^* = \sqrt{2c_0 r_c / c_1 (1 - r_c / r_p)}$$

$$T^* = \sqrt{2c_0 / c_1 r_c (1 - r_c / r_p)}$$

r_c : 1日あたり需要量 r_p : 1日あたり生産量
 c_1 : 在庫保管費用 c_0 : 段取り替え費用



出典: 人見勝人, 生産システム論—現代生産の技術とマネジメント, 同文館, 1990, p. 107.

図3-4 ロット生産の様態

(2) 資材所要量計画 (MRP)

多品種化が進行すると製品当たりの需要量は減少する。そのため、工場で扱う部品の種類総数は増大するが、部品当たりの適正ロットは減少し、生産サイクルは短期化することになる。つまり、製品の多品種化は製造工程を複雑化・精緻化させるため、素材から完成品までの物の流れを一括して管理するシステムが必要になる。こうした管理システムは「資材所要量計画 (Material Requirements Planning)」と呼ばれ、以下の手続きがコンピューター・プログラムで実行される。

まず、ある期間に生産すべき製品の種類と数量が決定される。各々の製品は部品展開されて必要な部品や材料の種類・数量が求められ、さらに部品の在庫状況を勘案して実際に生産する部品の種類と数量が決定される。

次に、製品や部品のリードタイムや調達時間の差引計算が行われて生産開始時期が定められる。しかし、こうして得られた生産計画は生産設備の能力や稼働状況によっては実行できないことがあるため、さらに設備負荷との関係で実現性が検討され、正常生産能力範囲を越えている場合には生産量の山崩しが行われる。

こうして決定された生産計画に基づいて材料の手配が行われ、各工程に生産指示が出されることになるが、これらの進捗管理もMRPの役割となる。

第3項 実施手法

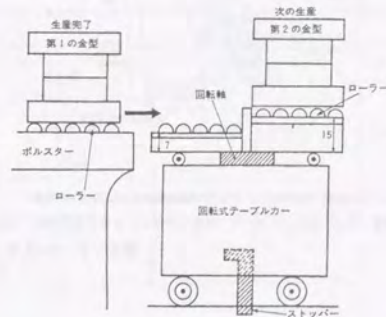
(1) 在来型汎用工作機の改良

多品種少量生産を行うためには各工程の多能力化が必要である。加工工程であれば様々な部品に対して多様な加工を施せる能力が必要である。在来型汎用工作機でも工具や治具を交換することで様々な加工が可能になるが、一般的にはこうした段取り替えは作業待ちを発生させ、作業能力が低下する。従って、汎用工作機の頻繁な段取り替えは現実的には不可能であり、多様な能力を発揮させることは困難である。

しかし、段取り替え時間を短縮できるのであればこうした工作機でも多様な能力を発揮することが可能である。日本の製造業では工場内の作業改善運動が活発であり、工作機や治具の改良が様々なメーカーで行われているが、そうした試みの多くが段取り替え時間の短縮を目指している。

図3-6はプレス工程に設けられた金型替え装置の例である。この自動車メーカーは多品種少量生産方式の先駆として知られているが、様々な工程にこうした改良が加えられており、他社では数時間を要する段取り替えが1分以下で完了する場合もあるという*1。

こうして段取り替え時間が短縮されると段取り替え回数が増加し、ロット単位は縮小する。段取り替え改良の直接的な目的はリードタイムの短縮であるが、その結果として技術の性格はより個別生産的方向へと向かうことになる。



出典：門田安弘、トヨタシステム—トヨタ式生産管理システム、講談社、1989、p.161。

図3-5 プレス機の金型替えのために装備された回転式テーブルカー

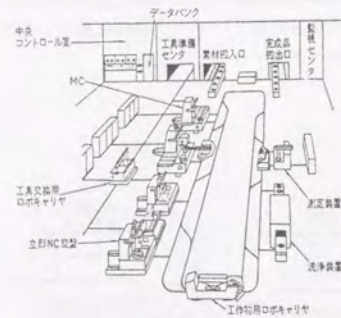
*1 門田安弘、トヨタシステム—トヨタ式生産管理システム、講談社、1989、p.155。

(2) 工作機の高度化

加工能力を高める最も一般的な手法は工作機の高度化である。工作物、ロット、要求精度等によってその考え方は異なるが、大きくは三段階に分けて捉えられる。第一段階は在来型工作機に対するNC装置の付加である。この方法は比較的少ない投資額で実施できるため今日では様々な製造業で実践されている。

第二段階はマシニングセンタの導入である*1。マシニングセンタは工作物の取付け替えなしに2面以上について多種類の加工を施せるため、加工能力は大幅に向上する。欧米に比べると日本ではこうしたマシニングセンタの導入が活発であるという*2。

これらはいずれも既存の工作機を主体にした考え方であるが、工作機の設定段階からマシニングセンタを専用機化したり異種工作機を複合させる試みも見られる。こうしたシステム適合型工作機の設定は最近の試みであり、必ずしも一般化したものではないが、工作機の進化の方向性として注目されている。



(Mauaer-Shaerer社によるProduktionssystem2000の展開例)

出典：伊東直/岩田一明，フレキシブル生産システム，日刊工業新聞社，1984，p.80.

図3-6 システム適合型工作機械の例

*1 「マシニングセンタ」とはNC装置との有機的結合を前提として設計された複合加工用NC工作機械の総称である。自動工具交換装置が予め装備されている。

*2 伊東直/岩田一明，フレキシブル生産システム，日刊工業新聞社，1984，pp.42-43.

第3節 今日の建築部品生産に関する分析

第1項 調査概要

本章で述べるように建築部品は1980年代後半から急速に多品種化しており、特に住宅部品でその傾向が強い。一般的に言えば建築部品メーカーも前節で述べた手法を取り入れながらその生産方式を転換してきた訳であるが、そうした技術革新の具体的内容は必ずしも明らかではない。また、部品生産全般に大きな変化が生じたとはいえ、部品毎に見れば変化の容易でない頑固な要素技術も存在すると考えられる。

本節では、住宅部品の生産特性に関する調査に基づいて、今日の住宅部品の生産方式の実態、及びそれを可能にした技術革新を明らかにする。表3-3は調査対象の6社7部品の概要を示したものである。基本的には量産型住宅部品を調査対象にしており、多品種化の進んだ部品の代表としてアルミサッシ(A社)とユニットバス(C社)、住宅メーカーによって生産される部品として外壁パネル・鉄骨梁(B社)と木質パネル(E社)、そして比較的単純な部品としてALC(D社)を選んだが、生産方式の比較対象として従来から受注個別生産を行っているPCa型枠(F社)も調査対象に含めている。また、調査は1992年の10月から11月にかけて実施している。

表3-3 調査対象の概要

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
生産品	アルミサッシ	外壁パネル 鉄骨梁	ユニットバス	ALC	木質系パネル	PCa型枠
月産量	100,000窓	123,800㎡ 1,940t	25,000個	5,000㎡	44,000枚	160枠
供給エリア	東日本	北海道～関東	北海道～静岡	北海道～静岡	東北南部～関東	限定していない
従業員数	866名	750名	820名	500名	224名	90名
工場所在地	千葉県市原市	茨城県猿島郡	千葉県佐倉市	千葉県市原市	長野県松本市	千葉県八千代市
設立	1965.10.	1970.8.	1986.3.	1965.3.	1965	1972.10.
その他の製品	ビル用サッシ				造作材	

第2項 調査結果と分析

(1) アルミサッシ

アルミサッシの製造工程は図3-7(1)に示す通り、ビレット製造工程、形材押出・電解処理工程、加工組立工程、の三つの工程に大きく分かれる^{*1}。加工組立工程ではラインの専門化が図られ、窓、テラス窓、出窓等の製品種類別に分けられている。

リードタイムは6日間である。材料拾出・歩留計算等の情報処理に3日間、製造工程に2日間が費やされている^{*2}。

押出工程以降の生産量は4日間の出荷量を単位として計画されているが、生産順序の計画は段取り替え回数を抑えるために1日毎に立てられている。受注生産方式を基本にしており5万種程がこうした生産方式で製造されている。しかし、出荷量の少ない1万種程に関しては形材在庫として計画生産されている。

見込生産時代には1ヶ月間単位のロット生産が行われていたため、仕掛品在庫と2ヶ月分の製品在庫が蓄えられていた。受注生産が行われている今日では製品在庫は存在せず、計画生産される形材在庫以外に仕掛品は存在しない。

こうした生産方式の転換は87年頃までに完了したが、生産体制が整うまでに様々な変化が生じている。押出工程では金型替えが大きく変化している。かつては設備的な配慮が欠けていたため段取替えに2時間以上必要であったが、現在では金型を予め加熱する自動加熱機と自動ダイチェンジャーが装備されているため20秒間で交換可能である。

加工組立工程では加工群別のジョブショップ型ラインが前述したように製品種類別に再編成され、工作機械の多能力化が進められている。例えば、見込生産時代のプレス穴明け工程では単能力プレス機が用いられ、形材断面や穴形状毎にロット処理がなされていた。しかし、現在では6種類の金型を装備した自動ダイチェンジャープレス機が導入され、形材端部の加工に関してもNC工作機が導入されている。

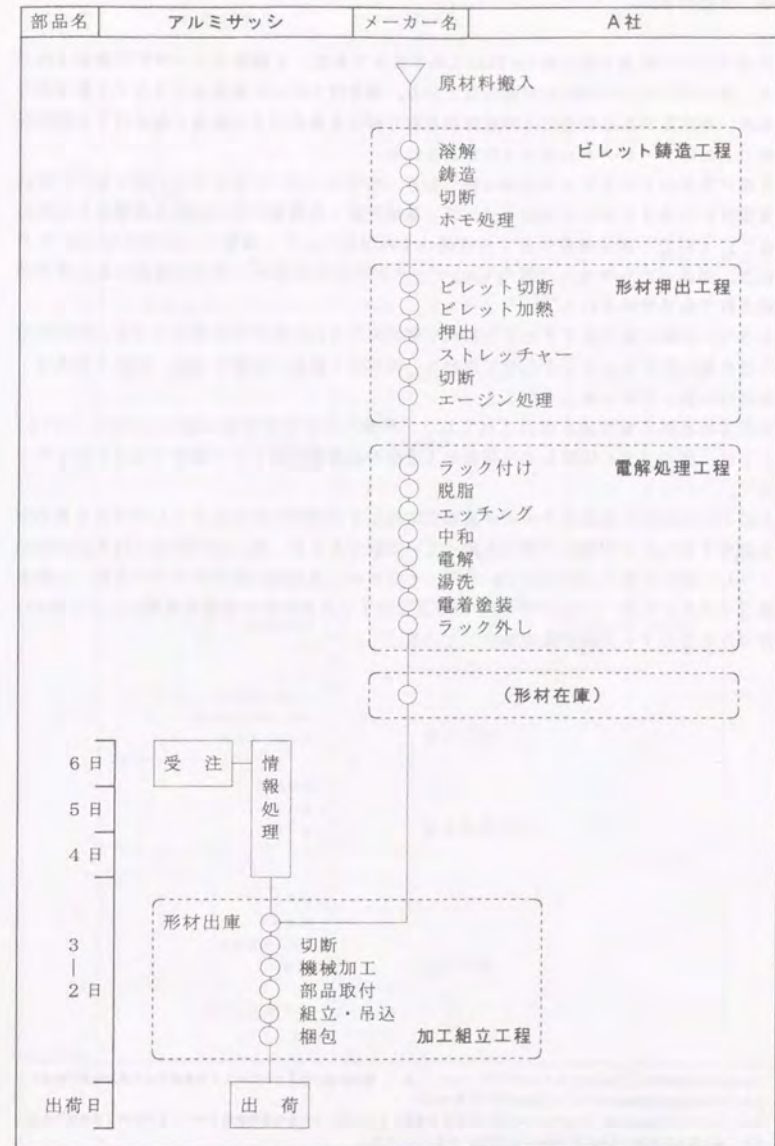


図3-7 (1) アルミサッシの製造工程

^{*1} 各工程の具体的内容は下記に詳しい。
土屋光基、建築部品のオーダーシステムに関する研究、東京大学卒業論文、1992。
^{*2} 本論では、受注してから工場出荷までの期間を指す。

(2) 外壁パネル

外壁パネルの製造工程は図3-7(2)に示す通りである。工程間はコンベアで連結されており、各サブラインの同期化が図られている。通常はスタッコ塗装を行うNT工程で終了するが、特注品がある場合には外注部品を取り付ける複合パネル組立工程がNT工程の後に生じるためリードタイムは3日間延長される。

外壁パネルのリードタイムは12日間である。住宅メーカーであるB社では工場の仕事は営業部門から送付された平面図・立面図・基礎伏図・仕様書に基づく部品展開から始められる^{*1}。1軒分の部品展開に要する時間は2時間程であり、展開された部品はCAD入力される。部品の85%程度には既存CADデータが利用されるが、残りの部品は新に図面が作成されて品目登録される^{*2}。

こうした情報処理が完了すると生産指示書が発行されて原材料が発注される。原材料の搬入は作業のタイミングに合わせて行われ、表面材・鉄板は出荷3日前、鉄枠・発泡材・裏面材は出荷2日前に搬入される。

B社では邸別生産方式が採用されており、外壁パネルも出荷順に邸別生産されている。しかし、一部のパネルに関しては在庫が1週間の出荷量を越えない範囲で見込生産されている^{*3}。

このようにB社は外壁パネルの多品種化に対しては邸別生産を基本としながらも見込生産を併用することで労務の平準化を図っている訳であるが、既に1970年頃には見込生産からこうした邸別生産へと移行している^{*4}。そのため、多品種化対応のための目立った動きは最近では見られない。また、73年の時点では1ヶ月分の資材在庫を必要としていたが、現在では5分の1ヶ月分にまで減少している。

*1 10年前は営業部門と工場はオンラインで結ばれていた。しかし、情報伝達の容易さが災いして営業側からの設計変更が頻発したため、今日では確定情報のやり取りに図面が用いられている。

*2 コンピューターには200万種(工場では130万種)の部品が登録されており、このうち常時使用されているのは20万種程度である。また、新たな品目登録のために約100枚/日の図面が作成されている。

*3 約100種類の代表的なパネルはプランの別に関わらず一定量が用いられるため、作業待ちの時間が生じたときに見込生産されている。つまり、こうしたパネルを利用して労務の平準化が図られている。

*4 多品種化に伴う種別在庫回転率の大幅な低下がこうした移行の契機となっている。

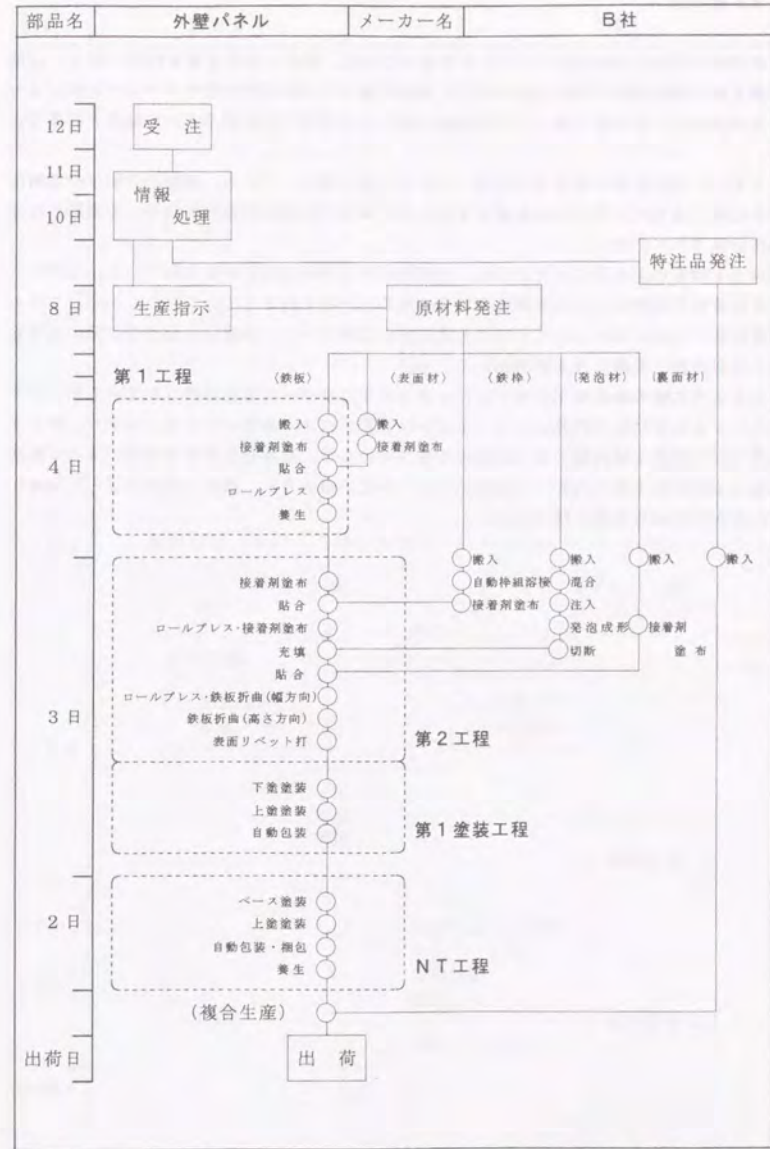


図3-7 (2) 外壁パネルの製造工程

(3) 鉄骨梁

鉄骨梁の製造工程は図3-7(3)に示す通りである。鋼材に加工を施す仕掛工程と、防錆処理を施す電着塗装工程に大別される。調査対象とした鉄骨梁は住宅メーカーB社によって生産されている部品であり、情報処理に関しては前述した外壁パネルの場合と同様である。

しかし、生産計画の考え方は外壁パネルと大きく異なっている。鋼材の穴明けや切断を行う仕掛工程では1日分の出荷量を単位とするロット生産が行われており、生産順序は個別に計画されていない。

ロットは梁の全長別にまとめられ、生産順序はこの単位毎に決定されている。こうした生産計画は作業効率の向上と鋼材発注量の集約を求めてのことである^{*1}。しかし、1日の出荷回数が4回に分けられているため電着塗装工程のロット単位は4分の1日分の出荷量へと分解されて荷順に作業が行われている。

このように梁の多品種化に対してはロット生産に基づいた対応がなされているが、こうしたロット生産は従来の見込ロット生産とは性質が大きく異なっている。つまり、ロット処理された仕掛工程段階の梁は匿名性を帯びているが、高度な生産管理技術によって製造工程の上流から下流へ向かって次第にロット単位が縮小され、最終工程が終了した段階には出荷先の未確定な製品は現れない。

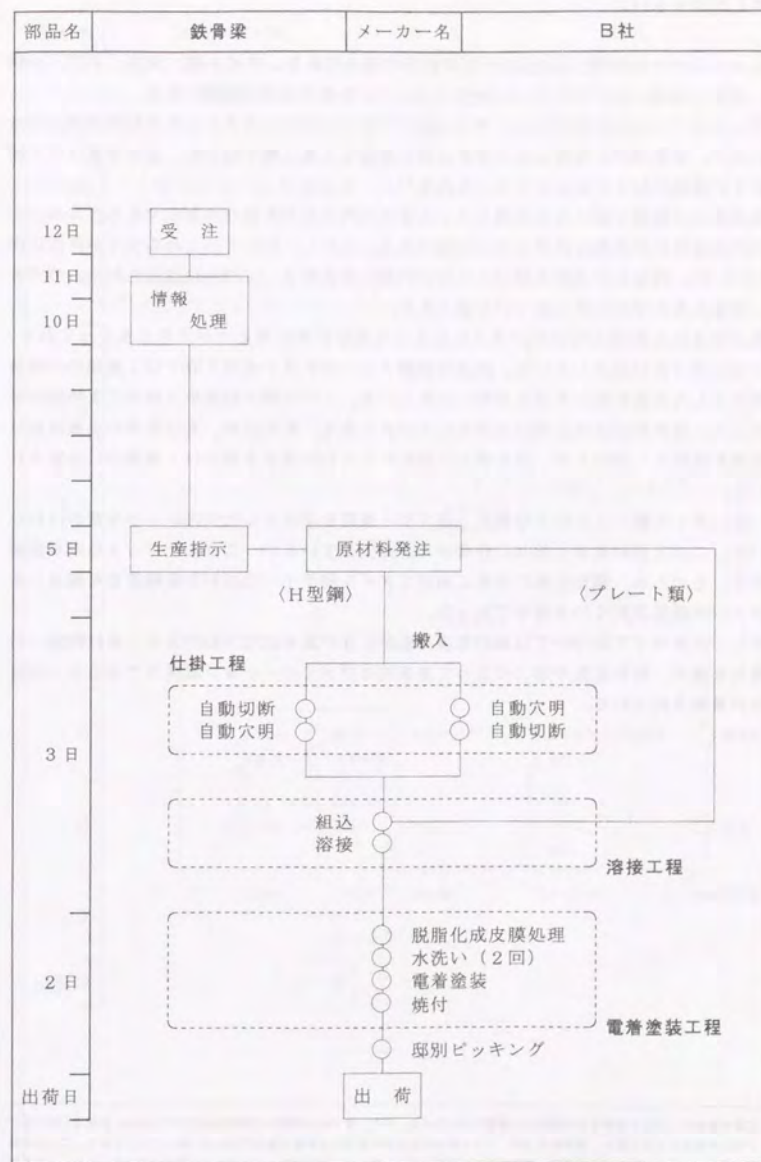


図3-7 (3) 鉄骨梁の製造工程

*1 軽量鋼は11本単位、重量鋼は5本単位で発注される。この単位は材料メーカーの都合で決まっている。

(4) ユニットバス

ユニットバスの製造工程は図3-7(4)に示す通りである。タイル壁、天井、ドア、小物類、洗場付浴槽の各サブラインに細分化されている点が大きな特徴である。

リードタイムは15日間であり、タイル壁サブラインがリードタイムの支配的要因となっている*1。営業部門の受注は当日中に出荷に最適な工場に割り振られ、受注を受けた工場ではその情報がMRPにエントリーされる*2。

多品種化が製造工程に与えた最も大きな変化は外注品の大幅な内製化である。ユニットバスの主要部材は洗場付浴槽とタイル壁である。しかし、かつてはこれら全てが外注に出されていた。調査を行った工場はこれらの内製化を目的として86年に建設されたものであり、調査対象の中では最も新しい工場である。

細分化された製造工程はサブラインによって生産計画の考え方が大きく異なっており、様々な生産方式が混在している。洗場付浴槽ラインのFRP成形工程では1週間の出荷量を単位とした月間計画の見込生産が行われている。この工程では段取り替えに1時間が必要であり、技術的には受注個別生産化に不向きである。そのため、見込生産の生産計画は1月間を単位としているが、多品種化に対応するためにロット単位は1週間分に分割されている。

一方、タイル壁ラインの下地製作工程では1週間を単位とした受注ロット生産が行われている。この工程の前日と後日に作業待ちが発生しているが、こうしたロット処理が原因である。そのため、個別生産の実現に向けてタイル壁ライン全体の作業順序を再編成した新ラインが構築されている最中であった。

また、天井やドアについては部材在庫対応がC社の基本的な方針であり、部材段階での共通化を進め、出荷直前の加工によって効果的なヴァリエーション展開ができるような仕組みが模索されている。



図3-7 (4) ユニットバスの製造工程

*1 C社の製品は、大きく標準品と特殊品の2種類に分けられる。また、標準品は即納品と準即納品に分けられる。即納品とはカタログ通りの製品のことであり、準即納品とは、パネル柄や水栓位置の変更など軽微な加工を即納品に施したものである。これらは納期が異なっており、即納品は2週間、準即納品は3週間になる。従って、ここで扱っているものは即納品である。なお、これらが全商品に占める割合は、即納品が15%、準即納品が35%、特殊品が50%である。

*2 Material Requirement Programの略。具体的な内容は前節で解説を行った。

(5) ALC

ALCの製造工程は図3-7(5)に示す通りで、鉄筋マット製作のための溶接工程と防錆処理工程、成形体を作り出す成形工程、ALC板を切り出す加工切断工程、強度を出すための高温高圧養生工程に大別される*1。ほとんどの工程は機械化されているが、防錆処理工程で鉄筋マットをセットする作業は人手で行われている。

リードタイムは22日間である。受注情報はコンピューターによって処理され、成形体から歩留りよくALC板を切り出せるよう生産計画が立てられる。具体的には、個々の物件の納期、用途、厚さ、長さ、幅、荷重条件が分析され、複数の物件を組み合わせることで成形体の歩留りの最適化が図られる。

基本的には受注生産が行われているが、4分の1ヶ月分の在庫が納期調整のために蓄えられている。生産順序は出荷順に決められているが、前述のような組み合わせを2、3日間の出荷量の中で融通するため必ずしも厳密ではない。

89年頃までは長さ3m、3.1m、3.2mのパネルに関しては常備品として見込生産されていたが、こうした見込生産方式では需要の多様化に対応不可能になり現在の受注生産方式に移行している。

また、変形パネルや特殊寸法パネルに必要な2次加工は従来は手作業で行われていたが、こうした注文が増したため2次加工機が90年に導入されている。但し、ALCは加工が容易であるためこうした加工が現場で行われている場合も多い。



図3-7 (5) ALCの製造工程

*1 板の表面に加工を施す意匠パネルは工場での2次加工が必要である。しかし、今回の調査はこうしたパネルを対象としない。

(6) 木質パネル

木質パネルの製造工程は図3-7(6)に示す通りである。加工組立工程が1日で完了するが、これは他に見られない特徴である。実際、枠組から防腐処理までに要する時間は1時間程度である。また、現場作業の省力化を目的として出荷量の2割程度は補助材の組付けやパネルのアセンブルが養生期間に行われている。

リードタイムは22日間である。E社はB社と同様に住宅メーカーであり、受注物件を部品展開する必要がある。こうした情報処理は本社の生産部門が担当しており、原価の積算が完了すると構造体の木質パネルや造作材が自社工場へと発注される*1。

工場では出荷日の11日前から出荷明細を取り出すことが可能である。しかし、実際には出荷の4日前に生産指示が出され、厳密に出荷順に生産されている。

E社では見込ロット生産から受注個別生産への移行が最も顕著である。1984年から個別生産化の試みが始められ、90年に移行が完了している。こうした移行の要となった技術変化はパネルの貼合せ工程に生じている。瞬間接着剤の開発と小型プレス機の導入によって生産単位は20枚から1枚へと変化し、それまでに必要であった1日間の養生時間も解消されている。

こうした技術革新により各工程の同期化が可能になり、作業時間の大幅な短縮が実現されている。コンベアで連結された現在の製造工程ではかつては2日間を要した作業時間が1時間に短縮されている。

また、工作機械の内製化が進められており、機器類の半数は自社で設計製作されたり改良されたものである。

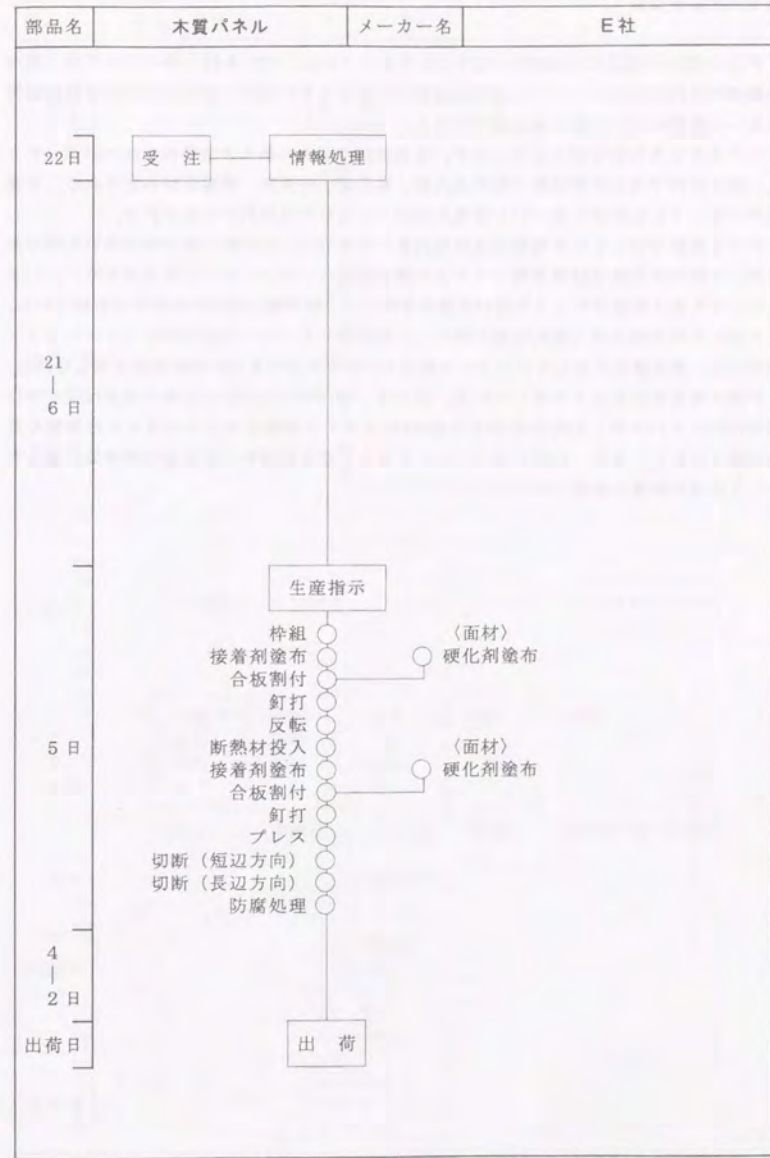


図3-7 (6)木質パネルの製造工程

*1 調査を行った工場では造作材も生産されているがここでは触れない。また、厳密には本社と工場は独立採算制の別会社である。

(7) PCa型枠

PCa型枠の製造工程は図3-7(7)に示す通りである。加工を行うタイミングは、図中の期間内に行われるということ以外は厳密には決まっていない。加工された部材は溶接等によって出荷日の2日前に組み立てられる。

リードタイムは33日間である。まず、営業部門で型枠の納入方法等の受注内容が分析され、設計部門では10日間程度で組立案内図、単品図、矢視図、詳細図が作成される。生産部門ではこうした図面に基づいて作業計画が立てられ不足材料が手配される。

PCa型枠ではこうした情報処理期間の長さが目立つ。生産物の個性が強いためであるが、F社の未発達な情報処理システムや構造的なスタッフ不足にも原因がある^{*1}。いずれにしても見込生産やロット生産の発想は存在せず、物件毎に生産計画を立てられている。

F社の生産体制は手工業的性格が強く、工場設備レイアウトは典型的なジョブショップ型である。多品種化に対してはこうした設備レイアウトがもたらす柔軟性を活用しながら、工作機の高度化によって対応している。例えば、1972年の会社設立当時は加工は全て手作業で行われていたが、82年に各種工作機やCADシステムが導入されて今日の生産体制の基礎が整えられた。また、90年にはマシニングセンタや自社開発の全自動切断機等が導入され、工作機の高度化が図られている。

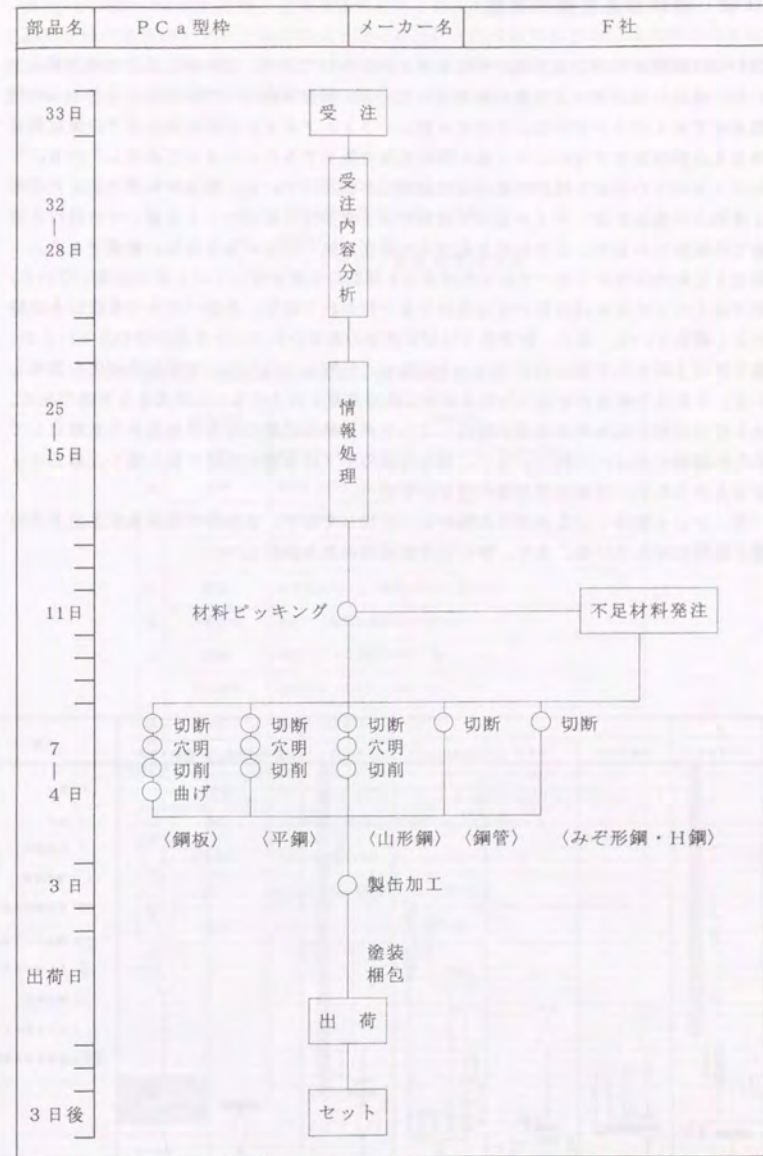


図3-7 (7) PCa型枠の製造工程

*1 こうした期間中にPCaメーカーが設計変更を行うことも少なくないため、必ずしもF社の方に原因がある訳ではない。

第3項 建築部品生産の実態

図3-8は建築部品の生産方式の特性をまとめたものである。工程毎に受注生産と見込生産の別、個別生産とロット生産の別を示している。調査対象の中で最もリードタイムの短い部品はアルミサッシである。その6日間というリードタイムは形材押出までの資材調達行為を見込計画生産で行い、一定量の形材在庫を保有することによって成立している。

ユニットバスの製造工程には様々な生産方式が混在している。洗場付浴槽のFRP成形は1週間分の見込生産、タイル壁の下地製作は1週間分の受注ロット生産、その他は在庫対応で賄われているが、こうした生産方式の混在は他の部品に見られない特徴である。

B社とE社は住宅メーカーであるが両者とも邸別に生産を行っている点で共通している。B社ではリードタイム12日間の受注個別生産が行われており、外壁パネルの生産にその特徴がよく表れている。但し、鉄骨梁では材料調達の都合からロット生産が行われているが、製造工程の上流から下流に向けてロットを徐々に分解して行くことで受注生産化を実現している。E社は生産指示を出した当日に加工組立作業を完了することが大きな特徴である。

ALCの生産方式も受注生産に移行しているが、発泡成形の型枠が生産単位を規定しているため個別生産は行われていない。調査対象の中では量産的性格が最も強く、適正ロットをまとめるための情報処理期間の長さが目立つ。

一方、PCa型枠では生産順序が物件毎に変化しており、従来型の受注個別生産方式の特徴が鮮明に現れている。また、製作図作製期間の長さが目立つ。

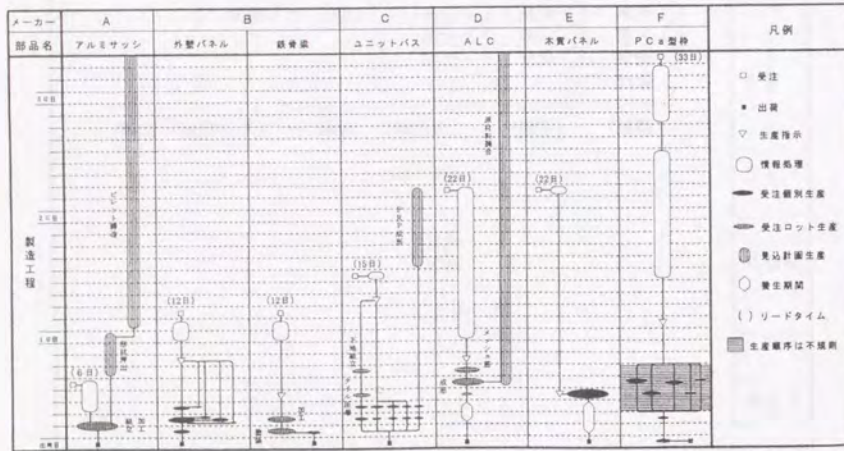


図3-8 建築部品の生産方式の特性

表3-4は図3-7に現れた様々な要素技術をまとめたものである。工業技術は非力学的加工器具を用いる技術と力学的加工器具を用いる技術とに分けられるが、建築部品の製造技術には両者が混在している。但し、1980年代以降に大きく変化した要素技術に注目すると後者に属するものが多く、その変化の内容は以下の四点にまとめられる。

1. 作業時間・段取替え時間の短縮
2. 工作機の多能力化・高度化
3. 内製化
4. ロット単位・作業順序の変化

表3-4 建築部品の製造に関する要素技術

要素技術	作業内容	
加工	成形	金型等の「型」を用いて、原料からある形状を作り出す
	切断	部材を切断して、必要な外形寸法に整える
	端部処理	部材を切削して、一部にある形状を作り出す
	穴明け	部材に穴を明ける
組立	貼合	接着剤を用いて、複数の部材を接合する
	小物取付	小さな付属品を部材に取り付ける
	溶接	溶接によって部材を接合する
表面処理	金具結合	金具によって部材を接合する
	塗装	表面を塗装する
その他	防腐・防錆処理	腐食・錆を防ぐために、表面を被覆する
	その他	例：タイルの目地詰めなど
その他	梱包	出荷や保管のために、部材や完成品を包装する
	原料調合	複数の原料を調合して、ある材料を作り出す
	ピッキング	部材置き場から必要なものを選び出す
養生	所定の強度を得るために保管する	

図3-9はそうした技術的变化をまとめたものである。

アルミサッシに見られる最も大きな変化は、生産単位が1ヶ月分から4日間分へと細分化されたことである。そのため、従来の作業種別の加工組立工程が製品種別へと再編成され、形材切削・穴明の工作機の多能力化が図られている。また、押出工程では、自動化によって金型換え時間の短縮が図られている。

ユニットバスでは外注部材の内製化が進められ、洗場付浴槽のFRPプレスとタイル壁の製造工程を導入した新工場の建設にまで至っている。タイル壁については、製造時間短縮のために作業順序を大きく変えた新ラインを導入している最中であった。

ロット生産から個別生産への移行が最も顕著に見られたのがE社である。その要となる技術変化はパネルの貼合せである。瞬間接着剤の開発と小型プレス機の導入で、生産単位が20枚から1枚へと変化し、それまでに必要であった1日間の養生時間も不要になっている。

ALCでは養生後の2次加工の頻度が増加したため、この工程の自動化が図られている。

一方、B社は既に1970年代後半には受注個別生産方式に移行していたため、80年代以降には目立った変化は発生していない。

以上、代表的な住宅部品の生産特性を明らかにした。今日の部品生産は、完成品の見込生産が行われていないという点でかつての工業化理念が前提にした部品生産の姿と異なっており、何らかの工程で見込計画生産やロット生産が行われているという点では手工業的な受注生産とも異なっている。むしろ、こうした生産方式の混在が今日の部品生産を特徴づけており、それは情報処理技術の向上と加工技術の高度化によって支えられている。

別の言い方をすれば、E社の生産特性に良く現れていることであるが、見込生産方式から受注個別生産方式へ移行してきたメーカーでは、生産物の多様化にもかかわらず、標準化された製造プロセスが保存されている。こうした特徴は手工業的な受注個別生産を行っているPCa型枠の生産方式との比較を通して明らかになる。F社は、高度な工作機を保有しているという点では他の部品メーカーと同様であるが、その製造順序には不規則性が認められるのである。つまり、今日の部品メーカーは、量産ために構築した製造プロセスを、より精緻化することで個別生産を実現してきたと言えるのである。

メーカー	A	B	C	D	E	F	
製品名	アルミサッシ	作製パネル	鉄骨梁	ユニットバス	ALC	木質パネル	PCa型枠
加	成形	型材押出 (アルミ)	発泡成形	FRP成形 (洗場付浴槽用)	発泡成形		
	切断	型材切断 (アルミ)	断熱材切断	梁材切断	鉄骨切断 (アルミ)		鋼材切断
工	端部処理	型材切削 (アルミ)	鉄板折曲		成形後 接着加工 (鉄骨)	パネ切削 (木質)	鋼材削り
	穴明	型材穴明 (アルミ)	梁材穴明	FRP壁穴明 (洗場付浴槽用)	2次加工 (ALC)		鋼材穴明
組	組立		鉄骨・鋼材 組立	高梁・FRP (洗場付浴槽用)		型材・鋼材 組立	
	小物取付	型材・鋼材		天井・窓枠 取付			
立	溶接		鉄骨溶接		鉄骨溶接 (アルミ)		製造加工
	金具組立		リベット打			釘打	
養生		養生		FRP養生 (洗場付浴槽用)	FRP養生	養生	

凡例
 要素技術名称
 (関連する製品属性)
 生産時間・製造後時間の短縮
 一内製化
 一生産単位・作業順序の変更
 工作機の多能力化・高度化

図3-9 要素技術に見られる変化

建築部品のバリエーション表示に関する調査結果をまとめた表である。表の縦軸には「調査対象の概要」として、調査対象の名称、調査対象の用途、調査対象の構造などが記載されている。横軸には「調査対象の属性」として、調査対象の材料、調査対象の色、調査対象の形状などが記載されている。表の各セルには、調査対象の属性に関する具体的な数値や割合が記載されている。

調査対象の概要	調査対象の属性	調査対象の属性に関する数値
調査対象の名称	調査対象の材料	調査対象の材料に関する数値
調査対象の用途	調査対象の色	調査対象の色に関する数値
調査対象の構造	調査対象の形状	調査対象の形状に関する数値

第4章 建築部品のバリエーション表示

- 第1節 バリエーションの増加に伴う問題
 - 第1項 効用の遅減
 - 第2項 偏重した新製品開発

- 第2節 バリエーションの構造
 - 第1項 部品属性とバリエーション
 - 第2項 バリエーション表示のカタログ上の飽和
 - (1) 調査対象の概要
 - (2) サッシカタログに表示された部品属性

第1節 ヴァリエーションの増加に伴う問題

第1項 効用の通減

オープンシステム理念は建築設計を選択という行為に委ねたが、こうした設計行為の設計自由度は部品のヴァリエーションによって保障されるとされた。そのため、部品ヴァリエーションの増加は設計の自由度を高める現象として肯定的に受け止められ、部品メーカーも市場占有競争の中で品揃えを強化してきた。その結果、今日の部品カタログには膨大なヴァリエーションが記載されている訳であるが、そうした情報表示のあり方が、むしろ設計行為に対して悪影響を与え始めていると考えられる。本章では既往研究の成果を援用しながらヴァリエーション増加に伴う問題を考察する。

図4-1は住宅部品カタログのページ数の推移を岩下繁昭がまとめたものである。カタログページ数は部品の種類数と厳密には対応していないが、部品ヴァリエーションの増加傾向を捉える一つの指標になると考えられる。また、選択に基づく設計行為がカタログ利用と密接に結び付いている以上、カタログ自体が重要な資料である。

過去20年間のカタログページ数の変化を見てみると、開口部品メーカーA社のカタログは1976年の240ページから1994年の2852ページへと11.9倍に増加している。B社の増加率もほぼ同様であり、1977年の344ページから1994年には3936ページへと変化している。

内装建材カタログを見ると、E社は1976年の490ページから1994年の1643ページへ、F社は1977年の170ページから2122ページへと増加している。76年の時点でかなりの大冊であったE社の増加率は3.4倍に止まるが、F社では12.5倍になる。

水廻り部品カタログでは、1977年から1994年にかけてH社は137ページから851ページへと6.2倍に増え、I社では208ページから732ページへと増加している。この様に住宅部品カタログのページ数は過去20年間でほぼ10倍近くに増加しており、特に80年代後半から急増していることが確認されるのである。

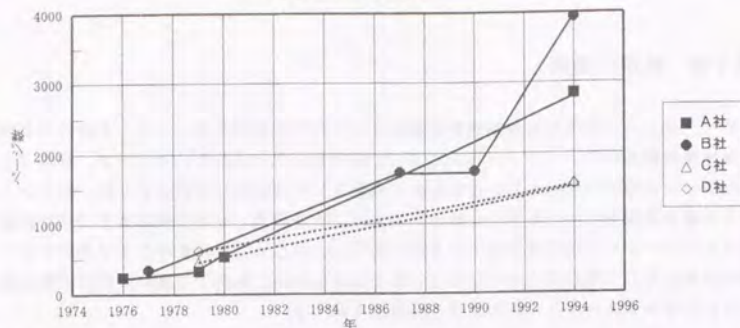
また、日本建材産業協会が会員に対して行ったアンケート調査によれば、回答者の3分の1が1988年から1991年にかけての製造品種の増分を1000種類以上と答えており、特に開口部品に顕著な多品種化傾向が見られるという報告もなされている*1。

オープンシステム理念に照らせばこうした部品ヴァリエーションの増加は基本的には望ましいことになるが、80年代後半からの急速な多品種化が設計自由度に結び付いているかどうかは疑問である。なぜなら、部品のヴァリエーションが増すにつれてその効用は通減する。例えば、部品のヴァリエーションが10種類から30種類に増加する場合と3000種類が3020種類になる場合とでは、同じ増分でもその意味は全く違ってくる。つまり、ヴァリエーションの増分が選択の幅を広げることは事実であるとしても、次第にその効果は減少していると考えられるのである。

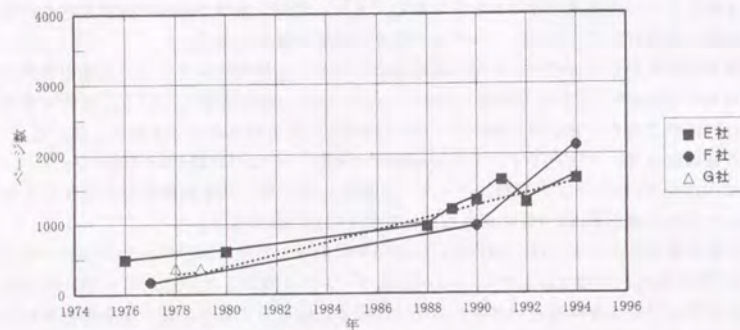
*1 アンケートの送付数は161社で有効回答数は58である。

(社)日本建材産業協会、建材メーカー・物流に関するアンケート調査結果分析報告書、1991、pp.9-14。

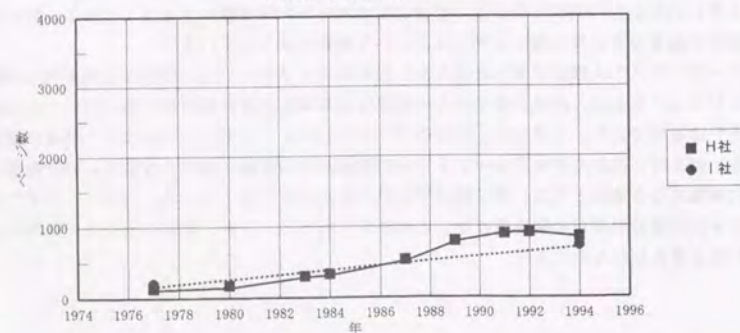
(1) 開口部品カタログ



(2) 内装建材カタログ



(3) 水廻り部品カタログ



出典：岩下繁昭，日本住宅部品種数比較調査レポート，アティアス，1994，pp. 38-40。

図4-1 住宅部品カタログのページ数の推移

第2項 偏重した新製品開発

ヴァリエーションの増加に伴う効用の通減は一種の効率低下であり、ヴァリエーションの増分が設計自由度に寄与している限りは大きな問題でないとも考えられる。しかし、ヴァリエーションの増分となる新製品の内容自体にも問題が認められる。

図4-2は水廻り部品メーカーH社の新製品についてヴァリエーション特性を示したものである。H社は月刊の自社PR紙に「新製品ニュース」を掲載しているが、図4-2は1985年1月号から1991年12月号までに掲載された新製品の記事数を集計したものである。記事総数331から非住宅専用部品に関する記事を除き、275の記事を分析対象にしている^{*1}。

便器の新製品では「機能」に重点を置いたものがほぼ半分を占めており、特に洗浄機能に特化した新製品開発がなされている。浴室用部品では戸建住宅用を中心に大型化・高級化する傾向が顕著に見られる。ユニットバスの新製品では3分の1が「意匠」に関するものであるが、「寸法」「新種」「機能」もそれぞれ20%前後を占めており、ユニットバスに関しては様々な側面からヴァリエーションが増加している。しかし、浴槽単体の新製品開発は「寸法」と「意匠」に集中している。

洗面所用部品ではシャワー機能を付加した新製品など、ユーザーのライフスタイル変化に直接的に対応したものが多く見られる。また、収納と組み合わせる洗濯・脱衣室全体を部品としてパッケージ化した新製品も出現している。洗面化粧台の新製品は「機能」「意匠」「新種」でほぼ90%を占め、洗面カウンターでは「意匠」が半分を占めている。

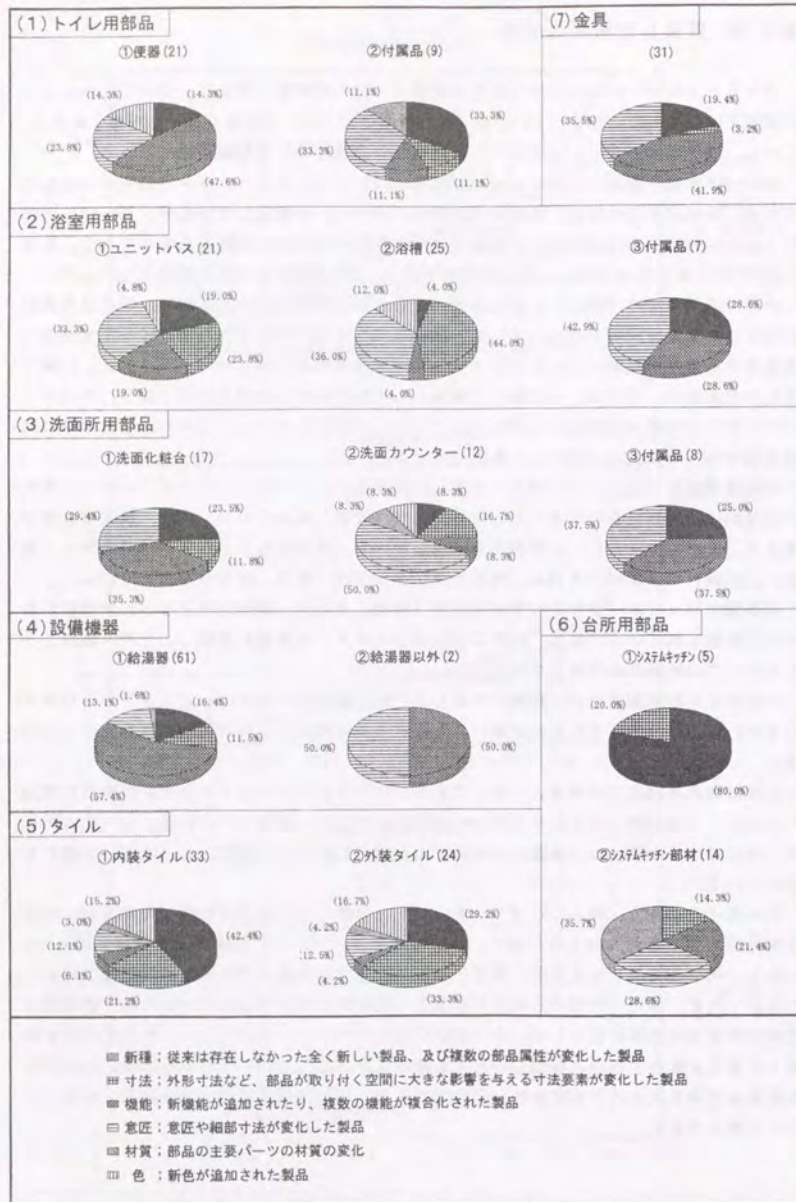
給湯機のヴァリエーションの半分以上が「機能」であり、追炊き機能などの新機能が徐々に一般化されている。また、90年には燃焼音の小さい給湯器が登場し、それ以降はこうしたタイプの新製品が急増している。

内装タイルの新製品では「新種」が最も多いが、新しいデザイナーズブランドを発売するなど、意匠を特化したものが多い。外装タイルは内装タイルと同様の傾向を示している。

H社は台所用部品では後発メーカーであり、1986年からシステムキッチンの販売を開始している。そのためシステムキッチンの新製品の80%を「新種」が占める。システムキッチン部材では「材質」と「意匠」で60%以上を越えており、「機能」と「寸法」が残り占めている。

次に述べるように、部品にはヴァリエーションの種となる部品属性が存在するが、水廻り部品は大型で複合的なものが多く、多様なヴァリエーション展開が可能な部品である。しかし、図4-2に示したように、最近の新製品開発では特定の部品属性への偏重が認められるのである。また、開発の方向性が高級化・重装備化に向けられているため、部品間の差異の弁別性は急速に低下している。水廻り空間をパッケージ化したり、水廻り部品を横断して意匠を統合するなどの新しい試みも確認されたが、これらにしても建物に対する自社製品占有率を高めるため排他的な統合化であり、結局は重装備化の延長線上に位置づけられる試みである。

*1 例えばオフィスビル用のユニットトイレ等を除いている。また、一つの記事の中に内装タイルと外装タイルが含まれているような場合には二つの記事として集計している。



出典：佐藤考一，建築部品を用いた設計手法に関する基礎研究，東京大学修士論文，1992，p.90.

図4-2 水廻り部品に関する新製品のヴァリエーション特性

第2節 ヴァリエーションの構造

第1項 部品属性とヴァリエーション

部品には寸法、材料、色等の基本的な属性が存在する。部品のヴァリエーションはこうした部品属性の組合せによって生み出されるが、特定の部品属性がヴァリエーションの構造を規定するため、実際に用意されているヴァリエーションは可能な組合せの一部に過ぎない。

部品のヴァリエーションについては岩下繁昭の詳細な調査研究がある^{*1}。岩下は住宅部品24品目のカタログから約80項目の種類の属性を抽出し、部品属性を「寸法」「材料」「タイプ」「左右勝手」「デザイン」「色」の6種類にグループ化している^{*2}。表4-1はそうした部品属性の種類数と品種総数を示したものである。組合せ率とは実際の品種総数を部品属性の種類数の積で除した値であり、部品属性の組合せ効果を示している。組合せ率は0.0001から0.5の間に分布しているが、粘土瓦、洗い場付き浴槽、浄化槽等の品種総数の少ない部品と比べると、アルミサッシ、浴槽、玄関ドアユニット等の多品種化の進行した部品では組合せ効果が低下していることが分かる。

また、東樋口護は岩下の調査結果を引用しながら、部品の様態とヴァリエーションを生み出す主要な部品属性とに明快な対応が見られることを指摘している^{*3}。AからFの分類は岩下の調査結果に対して東樋口が与えた分類であるが、仕上材では色、開口部品では寸法がヴァリエーション形成を主導しており、D、E、Fのように大型化・複合化した部品では複数の部品属性がヴァリエーション形成に影響を与えていることを指摘するのである。

*1 岩下繁昭，製品化計画論，武蔵工業大学学位論文，1979，pp.71-84.

*2 それぞれの品目についてマーケットシェア上位3社のカタログ（1977年度）を調査対象としている。

*3 東樋口護，住宅の部品化に関する基礎的研究，京都大学学位論文，1985，pp.279-285.

表4-1 住宅部品の属性別種類数と組合せ率*

	品目	品種総数	組合せ率	部品属性の種類数					
				寸法	材料	タイプ	左右勝手	デザイン	色
A	1 粘土瓦	318	0.3383	1	1	47	1	2	10
	2 アスベストセメント瓦	46	0.1565	1	3	14	1	1	7
B	3 内壁化粧材	208	0.0001	16	41	3	1	8	90
	4 木質系床仕上材	51	0.0015	7	17	3	1	2	47
	5 天井仕上材	35	0.0417	3	2	2	1	2	36
C	7 アルミサッシ	2031	0.0079	492	1	58	1	3	3
	8 雨戸	642	0.0189	106	2	8	1	4	5
	10 門扉	363	0.0001	147	4	13	2	28	7
D	6 玄関ドア	55	0.0052	7	5	2	2	16	5
	18 玄関ドアユニット	523	0.0003	14	4	17	2	42	19
E	11 下駄箱	29	0.0006	9	8	4	2	8	10
	12 吊り戸棚	98	0.0018	29	4	6	1	7	11
	13 流し台	123	0.0050	8	4	5	2	7	11
	14 洗面化粧台	47	0.0005	13	7	8	1	11	11
	22 キッチンユニット	68	0.0094	9	2	5	4	4	5
	20 収納壁ユニット	118	0.0004	27	7	14	1	18	7
F	21 階段ユニット	32	0.0178	12	2	5	1	5	3
	19 物置ユニット	30	0.0179	15	1	7	1	4	4
	9 ぬれ縁	3	0.5000	3	1	2	1	1	1
	15 浴槽	740	0.0022	32	3	21	2	6	14
	16 浄化槽	21	0.0476	21	1	21	1	1	1
	17 バランス釜	27	0.0187	4	3	5	4	3	2
	23 浴室ユニット	162	0.0100	8	2	8	7	3	6
	24 洗い場付き浴槽	80	0.0794	7	1	6	4	3	2

種類が多い部品属性

出典：岩下繁昭，製品化計画論，武蔵工業大学学位論文，1979，p.76.

表4-2 部品属性の種類数と部品の様態

種類が多い部品属性	部品の様態	品目
		A タイプ(形状)、色
B 色	仕上材(新建材)	内壁化粧材、木質系床仕上材、天井仕上材
C 寸法	開口部品I	アルミサッシ、雨戸、(門扉)
D デザイン	開口部品II	玄関ドア、玄関ドアユニット
E 寸法、色、デザイン	住戸内大型部品	下駄箱、吊り戸棚、流し台、洗面化粧台、キッチン、収納壁ユニット、階段ユニット
F 寸法、タイプ(性能等)	設備・大型空間部品	(バスユニット、物置ユニット)

出典：東樋口謙，住宅の部品化に関する基礎研究，京都大学学位論文，1985，p.282.

*1 表中のAからFの分類は東樋口謙が与えたもの。また、岩下の論文では左端の番号の順に並べられている。

第2項 ヴァリエーション表示のカタログ上の飽和

(1) 調査対象の概要

表4-1に示した結果はほぼ20年前の調査に基づいている。ここでは急速な多品種化が指摘されている開口部品を取り上げて現在のカタログ表示の具体的内容を確認したい。

表4-3は開口部品メーカーB社の住宅用サッシカタログの概要を示したものである。図4-1(1)に示したように開口部品カタログの中でもB社のものが一番の大冊である。玄関ドア等を除くとB社の住宅用サッシのカタログは3分冊で構成されており、合計2072ページの中に24シリーズの商品が掲載されている。

基本的に一つの商品シリーズは複数の開閉方式を包含しており、開閉方式別にヴァリエーションが示されている。但し、出窓では商品シリーズと開閉方式との間に「居室用」「浴室用」等の設置場所に関するカテゴリーが設けられているため、ヴァリエーションの表示方法が他の窓形式とは異なっている。また、引違いに関してはこの開閉方式のみに特化した商品シリーズが用意されており、さらに標準型と経済型にグレードが分けられている。この様に単独で一つの商品シリーズを構成している開閉方式は引違い以外には存在しない。

サッシ編Iに一般的な商品シリーズが収められ、サッシ編IIには複合サッシや断熱・防音サッシ等の特殊な商品シリーズが収められている。また、サッシ編IIでは雨戸やシャッター等のサッシ以外の商品シリーズが全ページの約3分の1を占めている。こうしたカタログの性格を考慮して、これ以降の内容検討はサッシ編Iのみを対象としている。

表4-3 B社の住宅用サッシカタログ(1995年度)の概要

分冊	サッシ編I	サッシ編II	出窓編	合計
ページ数	841	703	528	2072
商品数	3シリーズ	18シリーズ	3シリーズ	24シリーズ
主な商品内容	・バラエティサッシ ・引違いサッシ	・複合サッシ ・断熱防音サッシ	・出窓	

(2) サッシカタログに表示された部品属性

前述したように、岩下は様々なカタログに示されている部品属性を「寸法」「材料」「タイプ」「左右勝手」「デザイン」「色」の6種類に分類しているが、「タイプ」というカテゴリーは部品の品目によって意味内容が大きく異なっている。例えば、給湯器の「タイプ」は給湯能力等の性能差に対応するが、サッシでは窓形状や開閉方式の違いに対応している。また、「タイプ」や「デザイン」には当時は未分化であった部品属性が括り込まれている。表4-4は1978年以降に強化されたサッシの部品属性をまとめたものであるが、今日ではこれらもヴァリエーションを生み出す種になっている。

一方、「左右勝手」という部品属性はサッシのヴァリエーションにはほとんど影響を与えない。台形FIX窓やコーナー窓等には「左右勝手」が表示されているが、片方に限定されているサッシは確認されなかった。従って、非対称のサッシでは鏡像を含めて一つのヴァリエーションと見なすのが適当であると思われる。また、サッシ編Iにはアルミサッシのみが掲載されているため「材料」という部品属性もここでは無関係である。

こうした点を考慮してアルミサッシの部品属性の種類を集計したものが表4-5である。部品属性については表4-1よりも細かく分類して集計しているが、品種総数についてはカタログ上に記載された品番の種類を集計しており、両者の集計方法にほとんど違いはない。調査範囲がより限定されているにも関わらず、表4-5の13598という品種総数は表4-1のアルミサッシの約7倍であり、0.0141という組合せ率も1.8倍になる。

また、引違いサッシに着目すると品種総数の86%を占め、組合せ率も0.1を超える。部品属性の種類数の中には、アーチ窓の寸法や上げ下げ窓に付加される balanサーなど、引違いという開閉方式と組合わされることのないものが含まれている。こうした点を考慮すると、引違いサッシでは現実的な部品属性の組合せが相当程度に達成されていると考えられる。

表4-4 1978年以降に強化されたサッシの部品属性

部品属性	1978年以降の主な変化
取付方法	①開東間以外の引違いに「外付」と「半外付」を用意
障子(ガラス)	①障子にグレードが発生 ②複層ガラス用の障子が追加
付加機能	①シャッター付きサッシの発売 ②雨戸サッシ枠の一体化

参考：岩下繁昭，日米住宅部品品種数比較調査レポート，アディアス，1994，pp.44-45.

表4-5 B社の住宅用サッシカタログ(1995年度)における属性別種類数と組合せ率

品目	品種総数	組合せ率	部品属性の種類数					
			寸法	開閉方式	取付方式	障子	付加機能	色
アルミサッシ	13598	0.0141	318	14	3	4	6	3
アルミサッシ(引違いのみ)	11663	0.1698	318		3	4	6	3

以上、既往研究を援用しながらカタログ上に用意された部品のヴァリエーションを検討した。ヴァリエーションの増加は当初は選択という行為を充実させるのであるが、次第にその効果は減少する。選択という行為の有用性は選択肢のヴァリエーションによって支えられているが、選択肢が膨大な数に至った時、ヴァリエーションの増加はもはや有用性をもたらさないのである。

第5章で述べるように、今日の建築部品カタログには必ずしも整備されたとは言えないものも存在する。しかし、その一方でアルミサッシカタログのように、部品属性の組合せを飽和させる状態までヴァリエーションが強化された部品カタログでは、工業化理念が用意した選択という行為に基づく建築設計のあり方に綻びが見え始めている。このことは選択肢として用意された設計自由度が臨界点付近まで達したことを意味しているのであるが、一方で見込生産方式時代と同様な情報表示形式では、現在の部品メーカーが保有している技術的なポテンシャルを十分に伝達できなくなっていることを示唆していると考えられるのである。

第5章 建築部品における役物

第1節 非標準部分としての役物概念

第1項 役物概念の発生と工業化

第2項 役物の発生図式と生産技術

(1) 役物の発生図式

(2) 生産主体の役物への対応

第2節 乾式外装システムにおける役物

第1項 設計者の役物の捉え方

(1) アンケート対象の特性

(2) 設計者の役物の捉え方

第2項 外装材メーカーの役物の捉え方

第3節 都市型中小ビルのファサード類型

第1項 調査概要

第2項 基準階部分の特徴

第3項 低層部と頂部の特徴

第1節 非標準部分としての役物概念

第1項 役物概念の発生と工業化

前章で検討したようにカタログに用意されている建築部品のヴァリエーションは、建築物における再現性の高い部分が選択肢化されたものである。つまり、あくまで標準的な部分が対象にされているのである。しかし、建築物にはこうした確定性の高い部分だけでなく個別的な条件に左右される確定性の低い部分がある。

こうした観点から建築生産工業化の様々な試みを見てみると、量産技術に馴染みやすい前者の扱い方について相当な議論が行われてきたのに対し、工業技術に馴染みにくいと考えられた後者については殆ど議論が行われていない。その結果、工業化の試みは、建物の個性を軽視していた訳ではなかったが、標準化された部分の組合せで建物全体が構築できるという考え方を暗黙のうちに認め、建物を量産対象化してきたと言えるであろう。

しかし、第3章で明らかにしたように、今日の部品メーカーの生産方式は見込大量生産から受注個別生産へ移行してきており、標準化・量産化を前提としない工業的な生産方式が成立し始めている。つまり、現在の工業技術は建築の個性性に積極的に対応できる可能性を持ち始めているのである。

表5-1 日本の代表的な建築辞典における「役物」の解説

出版年	書名	編者(発行)	解説内容(備考)
1906	日本建築辞彙	中村達太郎(丸善)	収録されていない
1911	工業字解 建築ノ部	石橋純彦	
1939	居住習俗辞彙	柳田国男他(民間傳承の會)	収録されていない(「役柱」が初出)
1948*	建築術語集(第5版)	日本建築学会(丸善)	収録されていない(「役石」が初出)
1956	建築術語辞典	平山巖他(オーム社)	収録されていない(「役瓦」が初出)
1959	建築辞典	建築辞典編集委員会 (共立出版)	①日本風底面では、配置、配植法に1つの形式がある。この形式に従うもの。たとえば岩組、石燈ろう、つぐばい、手木ばちなどを役物という。 ②タイルなど建築材料で普通整形品に対して変形品を称する。
1965	建築用語辞典	建築用語辞典編集委員会 (技報堂)	材料や部品において、一般に使用される基本形以外に特殊の位置・用途にだけ使用される特殊の形状のもの。例：瓦では、隅瓦・谷瓦など。土管、コンクリートブロック、レンガなどの異形品。木材では無節・小節・上小節などの役木、役石など。
1974	建築大辞典	(彰国社)	一般形に対する変種。瓦・タイルなどの建築材料では隅瓦・谷瓦・鬼瓦・変形タイルなどをいい、平物で納まらない特殊な箇所用いる。
1993	建築学用語辞典	日本建築学会(岩波書店)	タイル・瓦などの仕上げ面の端部、隅角部など特殊な部分に、外観を整えたり各種機能部材を連結する目的で用いる、一般部用とは別の異形部材の総称

*初版の出版は1936年

こうした技術的可能性を建築生産に反映させるためには、確定性の低い部分の扱い方について議論を深めることが一つの端緒になるものと考えられる。本研究ではそうした確定性の低い部分の呼称として「役物」という用語を用いている。この言葉は建築分野で一般的に用いられているものであるが、必ずしもこうした意味で用いられている訳ではない。また、後述するように「役物」という概念は相対的であるため、実際には役物とみなされている対象及びその判断基準には視点の違いによってかなりばらつきがある。

表5-1は日本の代表的な建築辞典における「役物」の解説をまとめたものである。日本における最初の建築辞典は明治39年に出版された『日本建築辞彙』であるが、昭和31年に出版された『建築述語辞典』まで「役物」は収録されていない。「役物」の初出は昭和34年の『建築辞典』であり、ここでは庭園と材料に関する用語として解説されていることが分かる^{*1}。しかし、その後出版された辞典では庭園に関する解説が脱落して材料の用語として解説され、役物の例としては瓦やタイルが取り上げられているのである^{*2*}。

以上のように、「役物」は建築部材・部品の変種、換言すれば、一般形にはないある特殊性を持っているものと見なされている訳であるが、このことは「役物」が一般的な部材・部品との比較によって判断される相対的なものであることを意味している。つまり、役物と見なされる対象はその視点によって異なってくるのである。

そこで役物の判断基準を整理するため文献調査を行い、建物の部分の特殊性に関する記述を収集・整理した^{*4}。その結果、「役物」という用語を用いている5編、「役物」という用語を用いていないが「標準」あるいは「特殊性」に関する記述が見られる21編を収集した。これらの文献から「役物」及び「特殊性」の判断基準を整理したものが表5-2である。

表5-2 役物とみなす判断基準

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ①モジュールに従っているか否か ②比例であるか装飾であるか ③同一部材の繰り返しが多いか ④形状の特殊性の大小 ⑤定型的な納まりの有無 ⑥他部位との取合いの整合性の有無 ⑦見込み生産と注文受注生産の別 ⑧既製品と特注品の別 ⑨発注における手間の大小 ⑩作業性の良否 |
|---|

*1 ここで庭園の用語として解説されている内容は他の建築辞典では「役石」として解説されているものである。

*2 『標準学術用語辞典(誠文堂新光社、1962年)』でも、役瓦を「役物、屋根瓦のうち、棟瓦、鬼瓦のような、特殊な役目と名前を持つ異形の瓦」と解説している。なお、この辞典には「役物」自体は収録されていない。

*3 建築の用語は日常語から発生しているものが少なくないが、『大言海(富山房、1935年)』にしても『日本国語大辞典(小学館、1976年)』にしても「役物」は収録されておらず、また「役」の付いた言葉で「突種の総称」とい意味を持ったものは見当たらない。但し、『日本国語大辞典』には「約物」という言葉が収録されており「印刷活字のうち、文字、欧文、数字以外の各種記号活字の総称。ナ、一、×、ネ、kg、一、m、⑩、¥などの数学用記号や単位記号。また、⑩、☆、①、②、句読点など。」と解説されている。つまり、必ずしも「役物」とは表記しないが、特殊なものを「ヤクモノ」と総称する分類は建築以外にも存在する。

*4 『日本建築学会学術講演梗概集(1975年～1994年)』を調査対象としている。

①から④までは建築物の部分そのものの特殊性に着目したものである。それぞれ、①モジュールから外れた部材、②設計者の自由裁量に任される装飾となる部分、③同一部材の繰り返しが少ない部材、④特殊部分を納めるために用いられる形状の特殊性の大きな部材、が役物と判断されることになる。

一方、⑤から⑩までは設計や施工行為に特殊性をもたらす部分に着目したものである。それぞれ、⑤既往の定型的な納まりでは対応できず新しい納まりを検討しなければならない部分、⑥他部位との取合いの整合性がないため納まりの検討に手間のかかる部分、⑦注文受注生産されるため入手までに時間のかかる部材、⑧特注品であるため製作上手間のかかる部材、⑨工事に高度な技術を要するため発注に手間のかかる部分、⑩工数が余計にかかる作業性の悪い部材、が役物と判断されることになる。

以上のように「役物」を「材料・部品の変種」と見なす判断基準は大きく二つに分かれている。一つは建築辞典類の解説に見られるように形状の特殊性に着目するものであり、もう一つは形状そのものよりも生産プロセスに特殊性を発生させる要因として捉えるものであり、特にこの観点では「役物」は円滑な建築生産を妨げる否定的なものとして受けとめられているのである。

ところで、この用語は元々は生産現場から発生した可能性が高いが、当初から否定的な文脈で用いられていたかどうかは明らかでない。しかし、様式や建設技術が安定していた時代には特殊な部材は意匠や作業者技量の見せ場であり、日本の伝統的建築ではむしろ肯定的な固有名称を持つ部材が少なくない。従って、量的生産方式の導入に伴って部分における繰り返し性が重要視されるようになり、むしろその過程で特殊部材の総称である「役物」という用語に否定的意味が付加されることになったと考えられるのである。このように考えると役物の代表例として取り上げられる瓦やタイルが建築材料としては早くから量産され始めたものであること、また「役物」が文献上に浮上した時期が昭和30年代に入ってからであることにも整合するよう思われる。

つまり、役物は建築生産工業化の背後で生産方式の量産性と建築物の個別性を仲介してきたと言えるのである。本研究ではこうした考えに基づいて、役物を建築部位のフレキシビリティを支える鍵として捉えている。本章は部品の設計自由度を高めるための要件として役物の扱い方の枠組を考察するものである。

第2項 役物の発生図式と生産技術

(1) 役物の発生図式

文献に見られる役物の判断基準を表5-2に整理したが、建築物の部分そのものに着目する①から④までの視点は、部分の繰り返し性の破綻に注目している点で共通している。つまり、一般的に役物は建物の中で変則した状態が現れた部分とみなされているのである。

こうした変則状態が生じる要因は二つに分けて考えることができる。第一の要因は建築物の中に「形が変わる場所」が存在するということである。出隅や入隅、部位の端部や他部位との取合い等では、基準部分の部材で納めることができず、その場所にあった納まりに変形されることになる。第二の要因は基準部分で行われる「割付の操作」である。出入隅や部位の端部でなくとも繰り返し性が意図的に破られることがあり、そこでも変則部材が発生するのである。

図5-1はこうした「形が変わる場所」と「割付の操作」という変則部材の発生図式を四つの部位（外壁、内壁、天井、屋根）にあてはめ、部位毎に役物の現れうる状態を整理したものである^{*1}。さらに建築系雑誌に掲載された建物詳細図にそのような部材の変則状態を求め、事例の存在についても確認している^{*2}。

(1)は外壁における役物の現れ方である。外壁では隅角部、バラベットの開口部廻りが「形が変わる場所」になる。こうした場所における部材の変則状態は、その形状・外観から「異形部材を用いた納まり」「異形部材を見せない納まり」「異種部材を用いた納まり」の三つに大別され、事例としては異形部材を用いた納まりが最も多い。異形部材を見せない納まりとは取付方法や断面形状などの外観に現れない部分が変形されたものであるが事例は少数であった。異種部材を用いた納まりは基準部分とは異なる素材を用いるものであり、外壁では比較的多くの事例が確認された。こうした異種部材の多くは雨仕舞に関係しているが、視覚的にも目立つため意匠的に配慮されたものが少なくない。基準部分で「割付の操作」が行われている場合は外壁面全体の意匠的效果と関係が深く、ほとんど繰り返しのない外壁構成も見られた。

(2)は内壁における役物の現れ方である。内壁では内壁同士の取合い部や天井・床との取合い部が「形が変わる場所」であり、前者では異形部材を用いた納まりと異形部材を見せない納まりの両方の事例が確認された。しかし、後者では天井・床と内壁とは構法が異なるため、その取合い部には見切り材として異種部材を用いる納まりが一般的である。基準部分には出入口扉やスイッチパネルなどの異種パネルが現れるが、外壁のような意匠的效果を狙った割付けの事例は確認されなかった。

(3)は天井における役物の現れ方である。天井では端部が「形が変わる場所」となり、異形部材の一種である寸法違いの部材によって納められていることが多い。少数ではあるが意匠効果を高めるために異種部材で意図的に仕上げを変えている事例も見られた。基準

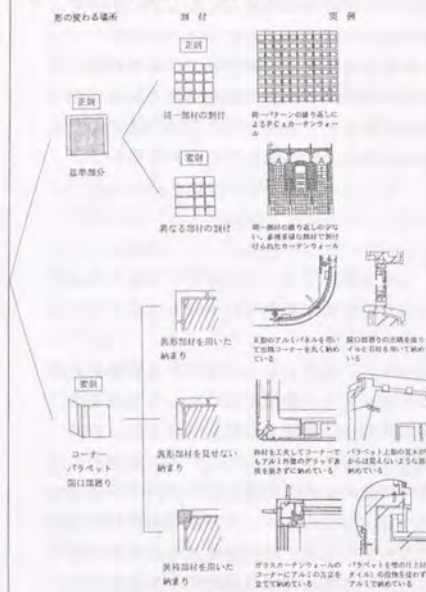
*1 本項の調査研究は近藤寿史、加々井千裕等と共同で行ったものである。分析については筆者の責任で行っている。結果の一部は下記に発表している。

佐藤考一他、「建築における役物の研究—その1〜3」、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、1995年10月、pp.601-606。

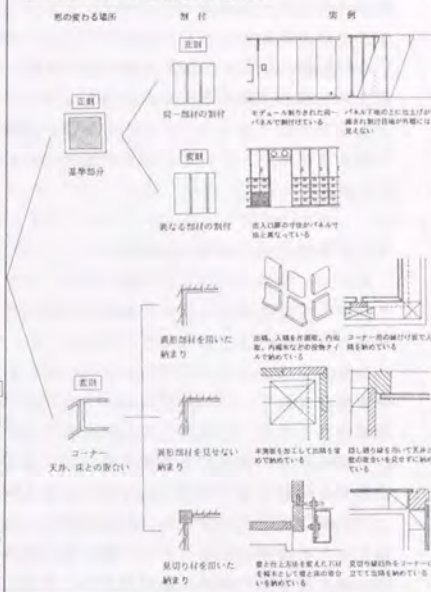
*2 主な資料には『建築ディテール集1〜4(彰国社)』を用いているが、『建築知識』『施工』から収集した事例もある。事例の内容は下記に詳しい。

近藤寿史、建築における役物の研究、東京大学修士論文、1995。

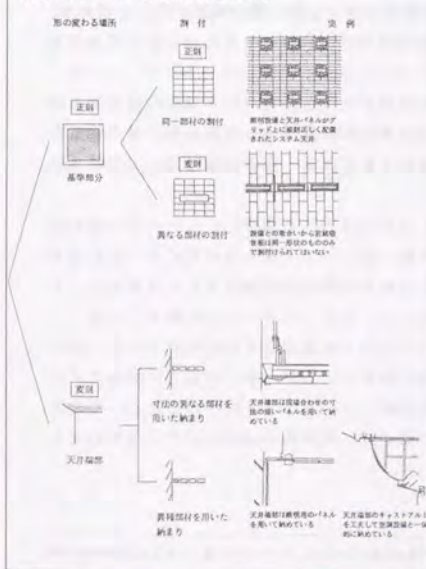
(1) 外壁における役物の現れ方



(2) 内壁における役物の現れ方



(3) 天井における役物の現れ方



(4) 屋根における役物の現れ方

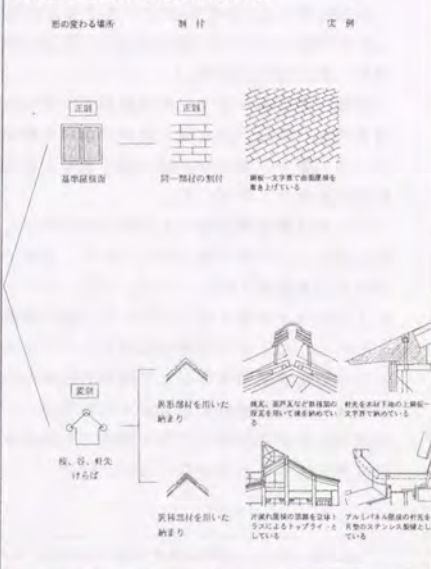


図5-1 建築物の各部位における役物の現れ方

部分では照明・空調設備との取合い部に寸法違いのパネルが割り付けられるが、システム天井では設備類が予め組み込まれているため基準部分にそうしたパネルは現れない。

(4)は屋根における役物の現れ方である。屋根面が切り替わる棟や谷ではその形状の特殊性から異形部材が用いられるが、こうした部分は雨仕舞の弱点でもあるため取付方法自体が基準部分と異なっているものが多い。異形部材を用いた事例としては室内採光のために棟をガラスにしたもの、意匠的効果のために樋を軒先と一体化したのが見られる。

(2) 生産主体の役物への対応

図5-1に役物の現れうる状態を整理したが、生産主体はそうした変則部材の全てを役物と見なしている訳ではない。表5-3は部品メーカーや専門工事業者が役物と見なしている対象と対応の仕方を示したものである^{*1}。

カーテンウォールメーカーではコーナー部分や割付の操作によって生じた変則部材が役物と見なされている。前者は面内方向だけでなく面外方向の層間変位に対しても追従性が要求されるなど、基準部分とは異なる性能が要求されることが理由である。しかし、コーナー部分はどの建物にも出現するため、要求性能が基準部分と異なっても基本的には定型的な設計手法が整備されており、ある程度の階数があれば数量も確保されるので生産上でも基準部分と同様な扱いがなされることになる。むしろ、メーカーの対応の仕方に影響を与える役物は後者である。繰り返し性の少ない割付では一つの納まりの汎用性が低下するため基本的な設計工数が増加し、さらに部材種類の増大が製作段階に大きな負荷をかけるため製作方法を考慮しながら部材形状・寸法を決定する必要がある。

また、P C aカーテンウォールではそのまま塔屋や屋上目隠し壁を構成することがある。これらの納まりでは一般バラベット部分とは別の雨仕舞が必要になるためこれらの部材も役物と考えられている。

従来、カーテンウォールの個別生産性は物件規模の大きさがもたらす量産性に支えられてきた。しかし、繰り返し性の少ない外壁構成の流行や物件規模の小型化等に対応するため、加工能力の高い多品種少量生産型工場も構築されており、製作段階に関しては役物対応力は高まってきている。

タイルは建築辞典類でも役物の代表例として取り上げられる部材だけにメーカー側も役物と見なしている対象は明快であり、出隅・入隅・窓まぐさ・笠木部分等に用いられる異形のもを役物と呼んでいる。また、こうした役物を標準的な既製品として用意することによってタイル張り構法のオープン性が確保されているとメーカー自身も考えている。

しかし、こうした役物対応はむしろタイルの生産的自由度の低さがの現れである。設計者は目地幅を調節することで標準的役物の活用に努めているが、多くの場合に役物タイルの特注は価格や納期の点で折り合わないことを認識しているからというのである。そのため標準的役物で対応できない場合でも役物を特注せず、既製品の現場加工という対応をあえて選択することも少なくないという。

*1 これは部品メーカー・専門工事業者(6社)に対するヒアリング調査に基づいている。タイル張りに関しては大手設計事務所の設計者にもヒアリングを行い内容を補足している。

金属屋根でも役物と見なされる対象は明快である。瓦材では棟・軒先等に用いられる固有名称を持つものが役瓦と総称されてきたが、金属屋根でもそうした部分の部材が役物として認識されている。特に、一般部分の数量が面積で拾われるのに対し役物の数量は長さで拾われるため、積算の段階から役物が区別されている。今回調査した範囲では積算の段階で役物が明快に区別されていたものは金属屋根だけであった。

ヒアリングを行った金属屋根メーカーでは工場におけるプレアセンブル化に努めているが、役物に関しては現場で加工されるものも少なくない。また、形状によっては設計段階で図面を描くことが困難であるため、現場採寸を行いながら加工される役物もある。つまり、金属屋根における役物対応は工場の加工技術よりも現場技能に依存している状態である。

天井ではカーテンウォールや柱との取合い部に発生する特殊形状パネルが役物と認識されている。また、モジュールに従っているパネルでもそれが自社規格外の場合はやはり役物と見なされているが、こうしたパネルはロットが大きい場合には特注品として認識されることになる。

前者への生産上の対応は標準部材の現場加工が一般的である。つまり、こうした役物は現場技能に依存している訳であるが、材料の加工性が比較的良いため金属屋根工事はほどは熟練を要さない。一方、後者は規格外部材専用の工場で加工されることになる。ヒアリングを行った内装部品メーカーでは標準化を目指した構法開発が進められている段階であり、工場における多品種化対応は課題とされていないようである。

鉄骨躯体に一定規格の型钢や鋼板等が用いられていた頃は一つの建物の中に再現性の高い部材ユニットが存在していたため、再現性の少ない部材ユニットが役物と呼ばれていた。しかし、現在の鉄骨躯体は構造上の要求性能に合わせて部材断面が決定されているため、同一ユニットが現れることはむしろ稀であり、役物に関する意識は希薄になってきている。

従って、鉄骨躯体加工業者の場合は役物対応というよりもロット生産化に腐心している。例えば、オーバースペックであってもボルトやジョイント板に同一のものを採用して部材種を減少させたり、組立台の段取り替えを減らすために1ユニットしかないものは組立台を用いずに加工を行っているのである。

表5-3 役物への対応の仕方

部位・構法	役物となる部分	対応の仕方の変化		
		設計（エンジニアリング）段階	生産（工場製作）段階	施工（現場取付）段階
メ タ ル C W	・コーナー	L型やR型のパネルで納めるよりも方立を用いて納める方が層間変位追随性の検討は容易になる。	生産ラインを高度化することで多様な部材製作に対応できるメーカーも出現している。	方立方式では現場ノックダウンになるので取付け工程が増え、工期の遅延につながる可能性がある。
	・部材種の多い立面	一つの納まりに対する繰り返し数が減少するため、図面枚数と設計労力が増加する。	製作工程が複雑するため、多品種の部材への対応は高度な製作管理技術が要求される。	工事内容が複雑になるので工場内でユニット化を図るなど、現場取付け作業を減らす工夫が必要になる。
P C a C W	・コーナー	ファスナーがロック方式の場合には基準部分と同様の考え方で層間変位に対応できる。	同一部材が60ピース以上になれば型枠を償却できるので標準部材として扱える。	作業スペースが不足したり、位置調整に手間取り易く、取付け時間が増大することがある。
	・部材種の多い立面	型枠の転用を考慮しながら部材形状、ファスナー位置などを決める必要がある。	型枠の製作コストが大きいため、うまく転用回数を増やさないといふコスト的に対応が困難である。	P C a 板の製作順序と出荷及び取付け順序の関係を考慮して合理的な施工計画を立てる必要がある。
タ イ ル	・コーナー ・窓廻り	出隅や窓廻りなどを標準的な役物タイルで納められるように割付けする。	標準的な役物は既製品として常備しているが、特注する場合はコストや納期を注意する必要がある。	うまく割付けられないときには、現場でタイルを切って納めるのが対応としては一番簡単な方法。
金 属 屋 根	・棟 ・谷 ・軒先 ・けらば	現場で実寸を採らないと納まりの図面化が困難であり、描いても図面通りに納まらないことが多い。	標準的な部材は工場加工できるが、特殊な部分の部材は工場下拵えしておくことができない。	複雑な重なりや端部の処理は現場加工や取付け作業の重要性が増し、職人の手仕事に負うところが大きい。
天 井	・天井端部	壁や柱との取合いがあるため、自動的に部材形状を決定することができない。	部材数量が多ければ連続生産が可能であるが、少量の場合は一品生産に近くなるので手間がかかる。	工数は余計にかかるが、寸法の異なる部材は規格サイズを現場切断して納めるのが一番簡単である。
鉄 骨 骨 格	・ユニット種の多い架構	構造計算の電算化に伴ってユニットの種類が増え、それぞれの納まりの検討に手間がかかる。	ユニット毎に治具を新たに製作しなければならないなど組立台のセット替えに時間がかかる。	高力ボルト接合の現場作業性は比較的良好だが、ボルトや継ぎ板の種類が増すと手配に手間がかかる。

第2節 乾式外装システムにおける役物

第1項 設計者の役物の捉え方

前節では部品の非標準部分である役物は意匠・性能上の重要箇所であり、生産主体にとっても設計段階における注力対象であることを確認した。本節では都市型中小ビルの外壁構法として採用されることの多い乾式外装システムをケーススタディとして取り上げ、設計指向型部品の要件として役物の捉え方を具体的に検討する。

(1) アンケート対象の特性

役物を設計行為と関連付けて考察するためには、設計者の役物の捉え方を把握する必要がある。そこで乾式外装システムの使用経験を持つと思われる設計事務所413社と中小ゼネコン81社に対してアンケート調査を行い、設計事務所91社（回答率22.0%）、中小ゼネコン33社（同40.7%）から回答を得た^{*1}。

乾式外装システムは事務所ビルを中心に採用されているが、図5-2は過去3年間の設計実績と事務所ビルの比率を指標として回答者（ゼネコンを除く）の分布を示したものである。規模としては50棟、事務所ビル比率としては20%程度を目安として3グループに分けることができる。さらに、小規模で事務所ビル比率の低いグループは、事務所ビル以外の設計実績の内訳から2グループに分かれ、ゼネコンを含めると回答者は以下の5グループで捉えることができる。

- ①戸建系 ; 戸建住宅を主に設計しているグループ (35件)
- ②集合住宅系 ; 集合住宅を主に設計しているグループ (22件)
- ③事務所系 ; 事務所建築の割合が他に比べて相対的に高いグループ (15件)
- ④中規模 ; 中規模以上のグループ (11件)
- ⑤ゼネコン ; 中小ゼネコン (25件)

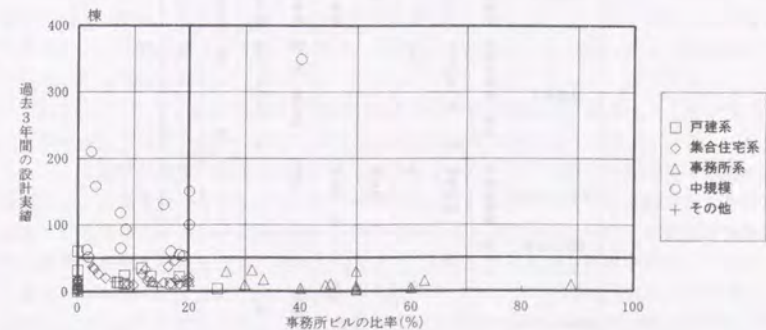


図5-2 過去3年間の設計実績と事務所ビル比率

*1 調査対象の選定に当たっては外装材メーカーA社の協力を得た。

また、役物の捉え方は乾式外装材の使用経験の差異が強く影響すると思われる。表5-4は乾式外装として代表的な8材種について、回答者の使用経験をまとめたものである。使用材種の偏りとその多寡から以下の7グループに類型化できる。

- ①バランス系Ⅰ：ほとんど全ての外装材を使用しているグループ (38件)
- ②バランス系Ⅱ：①より種類は少ないが、使用材種に偏りのないグループ (15件)
- ③金属系Ⅰ：金属系外装材を全て使用しているグループ (8件)
- ④金属系Ⅱ：セラミック系を使用せず、金属系外装材を比較的使用しているグループ (13件)
- ⑤セラミック系：セラミック系外装材を主に使用しているグループ (8件)
- ⑥セメント系：セメント系外装材のみを使用しているグループ (8件)
- ⑦非セメント系：セメント系外装材の使用実績がないグループ (16件)

表5-4 乾式外装材の使用経験 (有効回答数：106)

材種 使用 経験 類型	セメント系		セラミック系		金属系			回答件数
	A L C パネル	押出 セメント 板	G R C パネル	結晶化 ガラス	乾式 タイル 張り	アル ミ パネル	フッ 素 樹脂 調板	
バランス系Ⅰ	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	24 1 3 3 4 2 1
バランス系Ⅱ	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	3 1 2 1 1 1 2 1 1 1 1
金属系Ⅰ	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	1 1 3 2 1
金属系Ⅱ	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	1 1 2 3 2 1 1 1 1
セラミック系	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	1 1 1 2 3
セメント系	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	6 2
非セメント系	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	1 2 1 2 1 7 2

以上からアンケート対象の特性は図5-3のようにまとめられる。事務所系とゼネコンではバランス系Ⅰとバランス系Ⅱが約6割を占めており、基本的に乾式外装材の使用経験は豊かである。しかし、戸建系と集合住宅系では使用材種数の少ないセメント系と非セメント系が4割程度を占めており、特に戸建系では金属系外装材を使用したことのあるものは半数程度である。

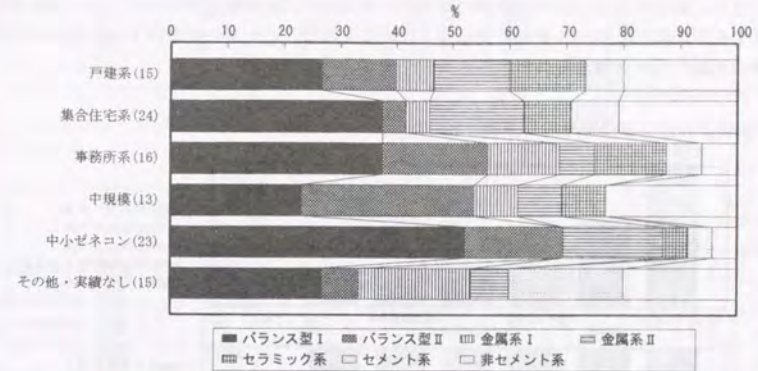


図5-3 設計実績類型別に見た使用外装材の内訳

(2) 設計者の役物の捉え方

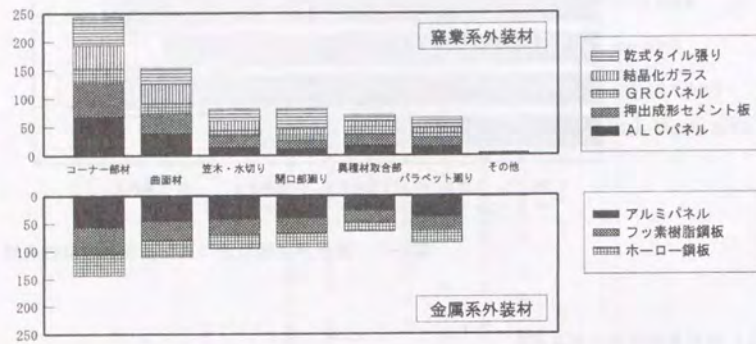
図5-4は設計者の役物の捉え方をまとめたものである。(1)は設計者が役物と見なしている部材であるが、材種に関わらずコーナー・曲面部材が役物として認識されており、特に窯業系外装材ではこの傾向が特化している。しかし、金属系外装材ではどの部材にも回答が平均して表れており、明快な役物像は見られない。これは設計者が「規格寸法がある外装材」と「規格寸法を持たない外装材」とでは役物の捉え方が異なっていることを示しているものと考えられる。

(2)は表5-4にまとめた役物の判断基準を外装材の使用経験別に集計したものである。全てのグループの設計者が「形状の特殊性」を役物判断基準の第一に挙げている。「モジュール」と関係付ける設計者は全体の4割弱であるが、バランス型Ⅱと金属系Ⅰでは6割を越える。発注手間や作業性を挙げたものはほとんどいないが、こうした観点から役物を捉えている場合はゼネコンに属している設計者がほとんどである。また、金属系外装材の使用経験の豊富な金属系Ⅰでは6割の設計者が「特注」の観点から役物を捉えている。

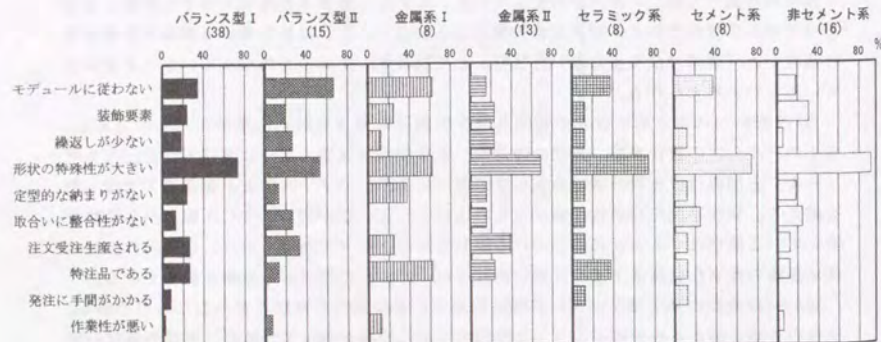
図5-5は役物の発生頻度の高い異種材料取合い部における問題点を示したものである。全体の6割を越える設計者がこうした部分の性能に問題を感じているが、乾式外装材の使用経験の豊富なバランス型Ⅰでは特に問題を感じていないものが3割を占める。金属系Ⅰ、Ⅱでは4割程度がカタログ上の設計情報不足を感じているが、これは次項で述べるカタログ情報の問題を反映したものと考えられる。

図5-6は外装材メーカーに望む設計支援の内容を示したものである。基本的には「個別対応力」と「異種材料取合い部の情報提供」を求めており、特にバランス型IIと金属系IIでは半数以上が取合い部の情報提供を求めている。

以上のように乾式外装システムに対する設計者の役物の捉え方は、その設計経験によって差異が見られるが、形状の特殊性から判断しているという点では共通している。但し、役物と見なす範囲を材種別に見ると、窯業系についてはコーナー部材等に限定しているのに対し、金属系については基準平パネル以外のほとんどを役物と見なしている。これは後述する外装材メーカーの役物の捉え方と相応しており、メーカーが提供するカタログ情報等の影響の現れと考えられる。



(1) 役物と見なされる部材



(2) 役物と見なす判断基準
図5-4 設計者の役物の捉え方

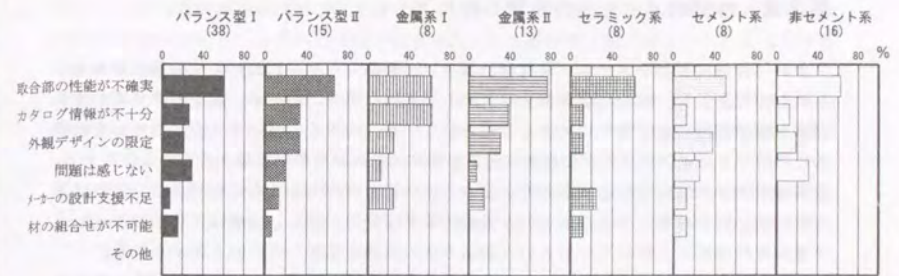


図5-5 異種材料取合い部における問題点

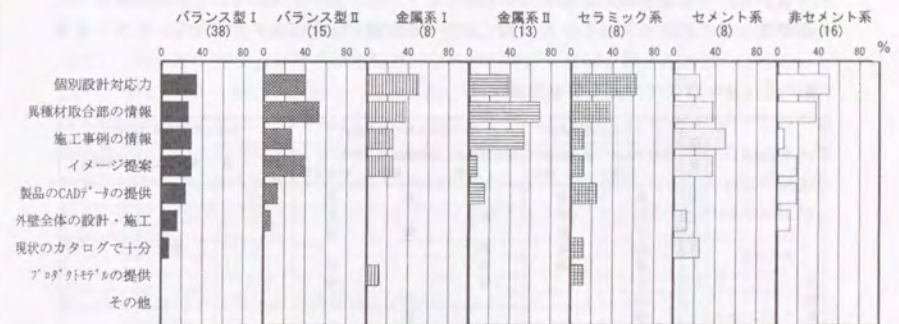


図5-6 外装材メーカーに要望する設計支援

第2項 外装材メーカーの役物の捉え方

表5-5は乾式外装システム（8材種33製品）の製品カタログにおける役物関連情報を示したものである*1。役物は標準部分に対する相対的な概念であるが、製品カタログの性格自体も標準部分の表示形式に大きく規定されている。つまり、平パネルの規格寸法を網羅的に列挙する窯業系カタログにはその他にも具体的な設計情報が記載されているのに対し、金属系カタログでは単なる商品紹介に留まっているものが少なくない。これは基本的に、前者が型による成形という量産的要素技術に立脚し、後者は工作機加工という少量生産的技術に立脚しているという製造方法の差異を反映していると考えられる。

役物という用語はカタログの約3割に見られる程度であるが、L型・R型パネルや笠木等の総称というほぼ共通する意味内容で用いられている。そうした役物に関する情報は基本的に標準部分の表示形式と類似しており、窯業系カタログの多くでそれらは規格品として扱われ、寸法を併記した形状図が列挙されている。但し、平パネルに比べるとそうした離散的な表示形式は減少し、形状毎に製作可能範囲を示す傾向が強くなる。また、金属

表5-5 カタログにおける役物関連情報

外装材種	製品	平パネルの表示形式*1		平パネル以外の表示形式*2			特注に関する表示内容*3	
		規格寸法の列挙	製作範囲の提示	規格形状の列挙	製作範囲の提示	標準納まり図	形状・寸法	表面加工
窯業系	ALCパネル	●	●	●	●	●	○	
		●	●	●	●	●	○	
	押出成形セメント板	●	●	●	●	●	○	●
		●	●	●	●	●	○	
	GRCパネル	●	●	●	●	○		
		●	●	●	●	○		
結晶化ガラス	●	●	●	●	●			
	●	●	●	●	●			
乾式タイル	●	●	●	●	●	●		
	●	●	●	●	●	●		
金属系	アルミパネル	●	●	●	●	●	●	
		●	●	●	●	●	●	
		○	○	○	○	○	○	●
		○	○	○	○	○	○	●
		○	○	○	○	○	○	●
		○	○	○	○	○	○	●
フッ素樹脂鋼板	●	●	●	●	●	●		
	●	●	●	●	●	●		
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
ホーロー鋼板	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	
	○	○	○	○	○	○	●	

*1:カタログに「役物」という用語が出現 *2:A:○は「最大寸法」の提示 *3:B:○は「納まり実例」の表示 *4:C:○は「平パネル寸法」の特注

*1 収集したカタログの多くは角田誠氏（東京都立大学）から提供されたものである。その内容については下記に詳しい。
大野隆司，“乾式外装構法の現況”，新・ファサードシステム，建築技術，1991，pp.29-44。

系カタログも役物情報が表示される場合には平パネルと同様に形状毎の製作可能範囲によって示されているが、こうした情報が明示されている製品は2割に留まり、むしろ納まり図の中に断片的に例示されていることが多い。

金属系の半数以上で特注色について言及されているが、これらは必ずしも役物概念と関連するものではない。但し、特注品というカテゴリーによって平パネルの規格寸法の間隙を埋めている製品や平パネル以外の形状に対応している製品も見られる。

表5-6は8材種をそれぞれ代表する製品についてカタログにおける役物関連情報をより詳細に示したものである。また、ヒアリング調査に基づいてこれらメーカーの役物の捉え方と生産上の対応もまとめてある。

ALCではコーナーパネルや笠木が規格品として用意されている。コーナーパネルは形状毎に製作範囲が示されているが、寸法間隔が制限されているという点で金属系外装材と異なっている。しかし、製品Aの場合はその間隔が10mmであり、実質的には制限されていないと考えられよう。開口部廻りに関しては専用の補強部材が用意されている。このようにALCでは異形部材や異種部材の規格化が進んでいるためメーカー側はこれらを役物と認識しておらず、むしろ幅寸法が規格外となる平パネルが役物と捉えられている。

押出成形セメント板はコーナーパネルや水切が規格品として用意されているという点ではALCとかなり類似している。しかし、開口部に関しては防水のためのバックアップ材は用意されているが構造的な補強は下地側に任されており、笠木も客先手配されるため標準納まり図のみが示されている。製品Cでは出入隅パネルと各種金物が役物として捉えられているが、外装システムのフレキシビリティを支えているという観点から後者を役物と認識していることが注目される。

表5-6 外装材メーカーの役物認識と生産対応

	役物と認識しているもの	役物と認識するものへの生産対応	カタログ上の役物関連情報					
			コーナー	曲面	バリエーション	開口部	取合部	目・材
ALCパネル (製品A)	・規格寸法（幅600mm）より短いパネル	・自社で生産 （コスト、工程の都合によって対応不可）	●	●	●	●	●	●
押出成形セメント板 (製品C)	・出入隅パネル ・金物（出入隅材、水切、笠木、取付金物）	・自社で生産	●	●	●	●	●	●
GRCパネル (製品C)	・一つの型枠で連続生産できないパネル （型枠転用が可能なものは除く）	・営業段階では不可能でない限り対応 ・設計協力段階で具体的に検討	●	●	●	●	●	●
結晶化ガラス (製品B)	・コーナー部材や曲面材など平板以外 ・物件対応もの（大型板、厚板など）	・自社で生産 ・物件対応	●	●	●	●	●	●
乾式タイル廻り (製品A)	・焼成後に加工を施したタイル ・コーナー、まぐさなどの異形タイル	・自社で生産	●	●	●	●	●	●
アルミパネル (製品E)	・平パネル以外 （平役パネル、コーナー笠木など）	・難しいものほど自社で生産 （簡単なものは外注することが多い）	●	●	●	●	●	●
フッ素樹脂鋼板 (製品A)	・加工工数の多いパネル （曲面材、平役パネル、雜もの）	・雑かな金物工事は他の工事業者を紹介	●	●	●	●	●	●
ホーロー鋼板 (製品A)	・設計、製作難度の高いパネル （3次元形状、曲面材、笠木、雜もの）	・最大寸法内であれば対応する	●	●	●	●	●	●

● 規格形状の列挙
○ 標準納まり図のみ
■ 専用の異種部材を列挙
□ 納まりの実例のみ
■ 製作範囲の提示
□ カタログ中に情報なし

GRCの製品Cでは役物に関する規格的な表示は見られず基本的に納まりの実例のみが示されている。パラペット部に関しては異種部材を用いた標準納まり図が用意されているが、GRC自体を笠木にした実例も示されている。また、役物は型枠転用の可否によって捉えられている。

結晶化ガラスではコーナーパネルや曲面材が規格品として用意されている。特に、製造方法の特性から曲面成形が容易であるため、窯業系外装材の中では曲面材の種類が充実している。こうした規格品として用意されているもの以外では、大型板や厚板が役物と捉えられている。

乾式タイルの役物関連情報は結晶化ガラスとほぼ同様である。但し、曲面材は特注対応であるため掲載されている規格形状はあくまで参考という扱いがなされている。各種異形タイルが役物と捉えられているが、焼成後に加工されるタイルも役物と捉えられている。

アルミパネルの製品Eでは役物に関する規格的な表示は見られない。平パネル以外は全て役物と捉えられているが、施工例の紹介にしてもほとんどが平パネル同士の納まりである。

フッ素樹脂鋼板のカタログでは様々な形状のパネルが平パネルと同列に標準パネルとして扱われ、それぞれの製作可能最大寸法が示されている。そのため役物と見なされる対象はカタログ上では明らかではないが、メーカー側では加工工数の多い曲面材等を役物と認識している。各種標準納まり図も充実しているが、カタログに示された様々な形状の標準パネルとそうした納まりとの対応関係は明示されていない。

ホーロー鋼板はパネルの表示形式にしても役物と見なされる対象にしてもフッ素樹脂鋼板とほぼ共通である。但し、標準納まり図の中には役物に関連するものは存在せず、むしろ納まりの実例として示されている。

また、パラペット廻りは異形部材が発生しやすい場所であり、PCaカーテンウォールメーカーではこうした部材を役物と捉えていたが、表5-6で取り上げた8製品では必ずしも役物として認識されていない。ほとんどのカタログがパラペットの標準納まり図や納まり実例を示しているが、それらはパネル自体よりも笠木納まりの例示を目的としている。

以上のように「平板以外の形状」「標準品以上の加工工数」「標準品以上のコスト」という視点から、コーナー部材、曲面材、笠木等を役物と捉えている点は外装材メーカーに共通している訳であるが、カタログ上の表示形式を見てみると窯業系と金属系で大きな違いが存在する。前者が役物を規格品として用意しているのに対し、後者では納まり図の中に例示されている場合が多いのである。しかし、それぞれシェアの大きな製品に着目すると役物の表示形式に類似性が認められる。図5-7に挙げたように製作可能範囲でほぼ連続的な製作寸法を示している窯業系製品が存在する一方で、金属系でも代表的な形状のパネルを列挙している製品が存在するのである。

しかしながら、このように製品内に役物を位置付けている外装材でも外壁全体の中で役物を捉えようとする視点が欠けている。そのため設計者が求めている異種材料取合いの情報はほとんど表示されていない状態である。

〈コーナー材〉						〈曲面材〉	
種別	形状	厚さ	幅	長さ	計量単位		
ガラス	Lタイプ	100	300 × 300	2,000~3,000の範囲で100mm単位	1200(1)mm 750(1)mm		
	ガラス	125	400 × 400	2,000~4,000の範囲で100mm単位			
コーナー	Rタイプ	100	300 × 300	2,000~3,000の範囲で100mm単位			

〈開口部〉		〈笠木〉	
●U形金物	●スリ金物	●ALC用縦製品笠木例 A部	

(1) ALCパネル；製品A

〈コーナー材〉		〈曲面材〉	
焼成炉通過最大形状・寸法 片側巻込タイプ-6	品質良好最大形状・寸法 Rタイプ-1		
〈開口部〉 水切りタイプ-3		〈笠木〉 笠木タイプ-1	

(2) ホーロー鋼板；製品A

図5-7 カタログ上の役物関連情報の例

第3節 都市型中小ビルのファサード類型

第1項 調査概要

現在の乾式外装材カタログでは外壁全体の中で役物を捉える視点が欠如している。そのため、設計者の求めている情報がカタログ上に表示されず、設計情報媒体としての有効性が損なわれているのである。外壁全体の中に役物を位置付ける方法としてはファサードの類型毎に典型的な役物を表示する方法が考えられるが、乾式外装材は事務所ビルを中心とした都市型中小ビルで採用されることが多い^{*}。本節では都市型中小ビルのファサードの類型化を行い、外壁全体の中に役物を位置付ける方法の可能性を検討する。

都市型中小ビルのファサードの類型化を行うために目視調査によって事例収集を行った。調査地域は図5-8に示す四地域の主に大通り沿いであり、用途地域は全て商業地域である。

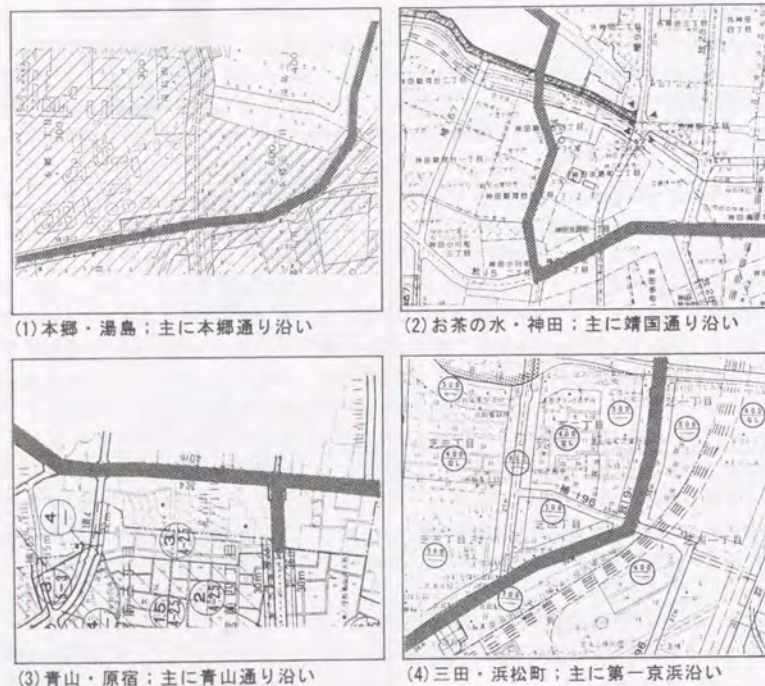


図5-8 調査地域

^{*} 都市型中小ビルの特徴は下記に詳しい。
 加々井千裕、役物に注目した乾式外装システムに関する研究—都市型中小ビルファサード考、東京大学修士論文、1996、pp.6-14。

最近建設された建物の中で乾式外装材を採用していると思われるファサードを対象として112事例を収集した。

図5-9(1)は接道条件と共用部分の配置を集計したものである。敷地の約3分の2が前面道路のみに接道しているが、間口方向は可能な限り建物として利用されるため隣棟間隔はほとんど残されていない。そのため、こうした敷地の建物では道路側の立面のみがファサードとして特別な扱いがなされている。また、EVや階段等の共用部分を見ると、敷地の側面や後面に配置されたものが7割を占めている。しかし、前面に配置された建物も2割程度存在している。側面型でも非常階段等が前面に現れたものがあり、こうした共用部分が都市型中小ビルのファサードに与えている影響は少なくない。

(2)は地上階数と用途の複合を示したものである。主に大通り沿いの建物を調査対象にしているため8階から10階建ての建物が7割を占めている。用途の複合を見ると事務所のみの建物が41%、低層部に店舗の複合した建物が33%である。調査地域が基本的には業務エリアであるため住宅系の用途と複合した建物は16%に留まっている。

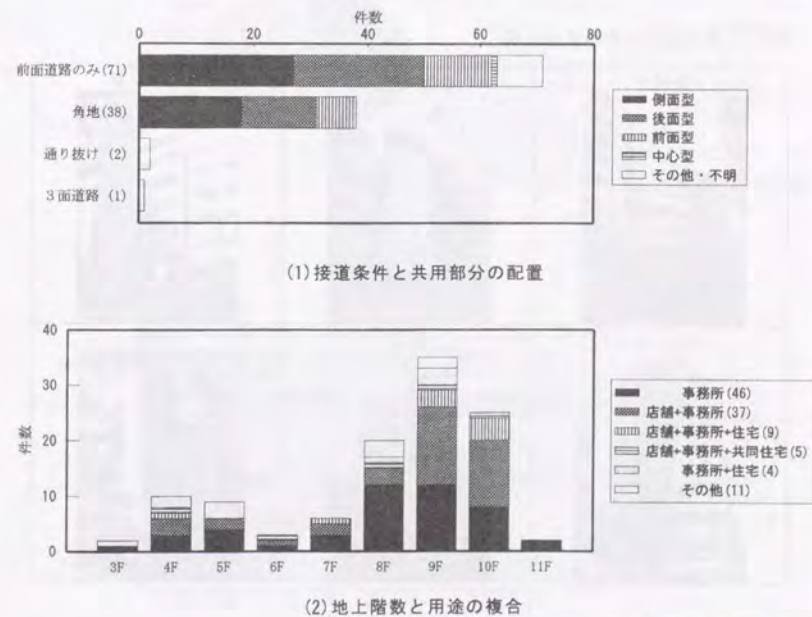


図5-9 建物の概要

第2項 基準階部分の特徴

一般的に建物のファサードは「低層部」「基準階」「頂部」の三層構成で捉えることができる。表5-7は基準階の立面構成の分類である*1。図5-10に示されるように基準階の立面構成は、「横連窓」が38%、「全面ガラス」が14%、「1スパン窓」が13%、「バルコニー」と「単窓」がそれぞれ10%を占めており、これら五つの立面構成で約90%に達する。また、こうした立面構成が複合している事例は6例のみである。

図5-11は基準階の主な外装材種を示したものである。基準階に用いられている外装材は「石材」が21%、「メタルカーテンウォール」が19%、「フッ素樹脂鋼板」が17%、「ホーロー鋼板」が13%を占めており、これら四つの外装材で約70%に達する。

図5-12に示されるように、こうした立面構成と外装材種にはいくつかの典型的な組み合わせが存在する。全面ガラスの全てがメタルカーテンウォールであるが、これはメタルカーテンウォール以外では全面ガラスの外壁を構成できないためである。1スパン窓では金属系外装材が多用されている。ホーロー鋼板が30%近くを占め、フッ素樹脂鋼板やアルミパネル等を含めると60%を越える。また、単窓では45%に石材が用いられている。一方、バルコニーでは代表的な外装材が万遍なく用いられている。横連窓では石材やフッ素樹脂鋼板が代表的ではあるが、やはり様々な外装材が用いられている。

表5-7 基準階の立面構成の分類



*1 立面構成の分類は下記の分類を参考としている。
古川正次他、「中高層建築物の外壁設計プロセスに関する研究」、新ファサードシステム開発研究レポート1989、日本カーテンウォール工業会、pp.24-51。

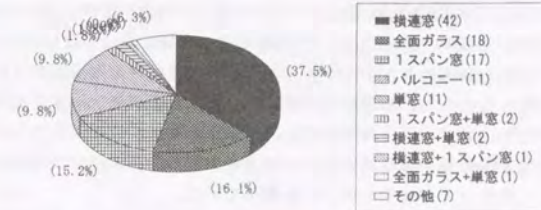


図5-10 基準階の立面構成

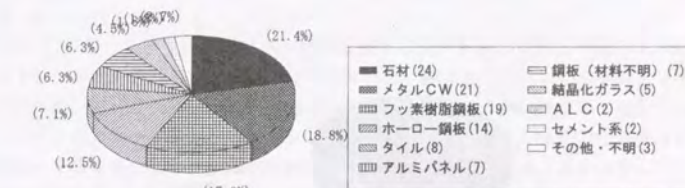


図5-11 基準階の主な外装材種

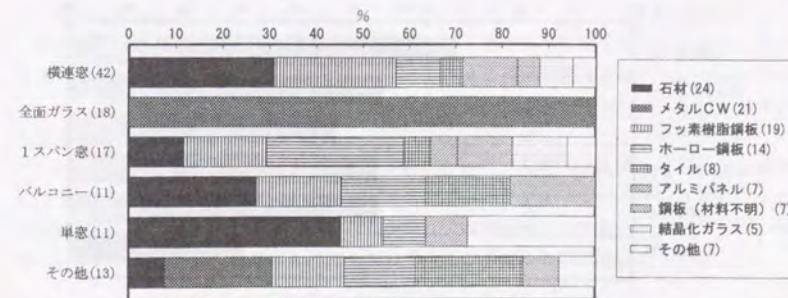


図5-12 基準階の立面構成と主な外装材種の相関

都市型中小ビルのファサードは壁面の大きさの割には複雑である。図5-10に示したように立面構成の複合した事例は5%に過ぎず、図5-13に示されるように複数の外装材が採用されているものも30%に留まっている。しかし、二方向避難を確保したり単調な立面を避けるためにファサードの60%近くに開口部以外の要素が付加されているのである。

図5-14は立面における付加要素を示したものである。全体の30%に「バルコニー」が、12%に「無開口部分」が設けられている。この図では「外部階段」が設けられたものは5%に満たないが、複数の要素が付加しているものの3分の2に外部階段が含まれているため、実際にはファサードの11%に外部階段が現れている。立面構成別に見ると横連窓の40%にバルコニーが付加されており、付加要素を持つ割合も70%に近い。しかし、1スパン窓では付加要素のないものが半数を超える。バルコニー型の立面構成では30%に無開口部分が見られるが、これら全てがE.V.シャフトを覆っている。

全面ガラスでは付加要素に関しては特別な傾向は認められず、むしろ外装材の複合の仕方による大きな特徴が見られる。こうした立面構成の90%近くには隅角部に石材等が配置され、それらが額縁のようにガラス面を囲っている。

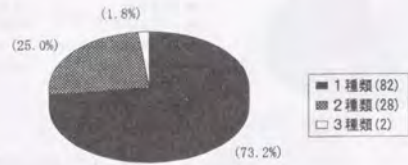


図5-13 基準階の外装材種数

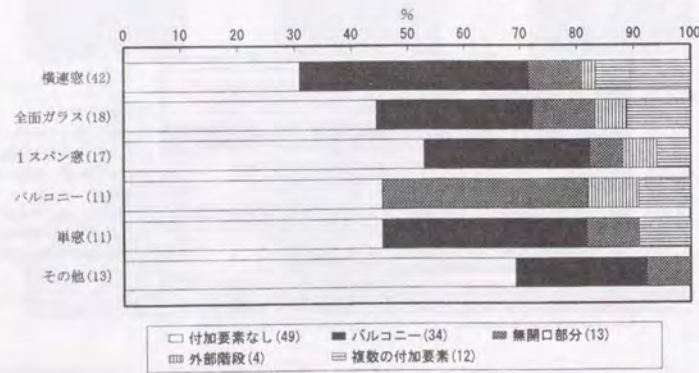


図5-14 立面構成の付加要素

第3項 低層部と頂部の特徴

出入口が設けられる1階の立面は自ずから基準階と異なってくるが、こうした差異を無視しても、低層部の立面構成や外装材が操作されていないものは37%である。その他には低層部に何らかの操作が加えられており、「基準階と異なる外装材」や「基準階の副次的な外装材」で構成されたものが32%と13%を占める。また、外装材は基準階と同一であるが立面構成が変更されて「2階分の低層部を持つ」ものも18%存在する*1。

図5-15(1)は建物の用途別に低層部の構成を示したものである。外装材の変化という点では店舗や住宅の有無による影響はほとんど認められない。むしろ、店舗が複合しているものでは2階分の低層部を持つものが少なくなり、低層部が基準階と同一である割合が50%近くになる。

(2)は基準階の立面構成別に低層部の構成を見たものである。バルコニー型に2階分の低層部が設けられる傾向が強く、こうしたものが50%を占める。一方、1スパン窓では低層部が明確化されない傾向にあり、基準階と同一であるものが60%を超える。前述したように全面ガラス型ではほとんどの隅角部にガラス以外の外装材が存在するが、こうした基準階の副次的な外装材が低層部全体に用いられる傾向が強く、全面ガラス型の40%にこうした低層部が設けられている。

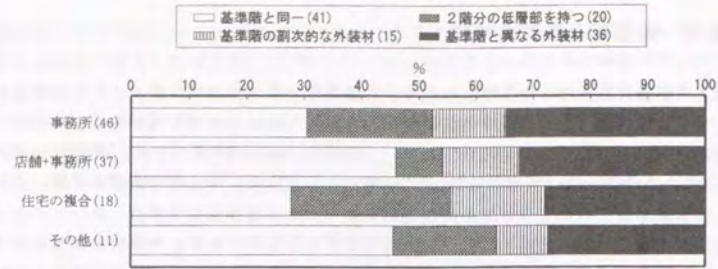
(3)は基準階の主な外装材種別に低層部の構成を見たものである。石材が用いられているファサードには2階分の低層部が設けられる傾向が見られ、こうしたものが40%を超えている。そのため、石材の採用率が高い単窓型の立面構成でもこうした低層部の比率が高い。メタルカーテンウォールが用いられているファサードでは基準階の副次的な外装材によって低層部を構成する比率が高いが、これは全面ガラス型の立面構成とメタルカーテンウォールがほぼ重なっている影響である。また、フッ素樹脂鋼板やホーロー鋼板が用いられているファサードでは低層部が基準階と同一になる傾向が見られる。

ファサードの頂部を見ると「通常のバラベツ」で納められているものが54%を占めており、こうした建物では頂部の構成は意図されていない。頂部が操作されているものとしては「最上階の立面構成の変更」が14%、「屋上工作物で壁面を構成」が11%、「屋上階まで壁面を延長」が8%、「ベディメント」と「セットバック」が共に6%ずつ存在する*2。

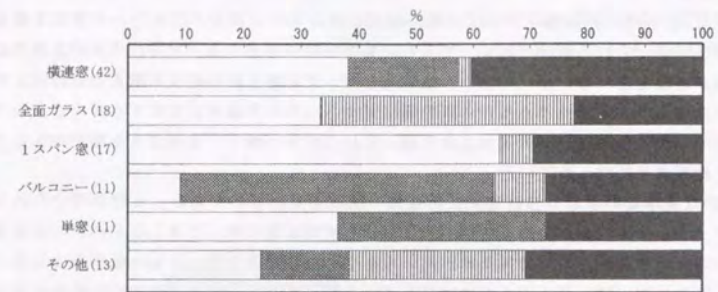
図5-16(1)は頂部の構成を建物の用途別に示したものである。特別な用途が複合している建物では頂部が操作される傾向が強く、こうしたものが60%程度を占める。上部が住宅として用いられている建物も用途の違いに応じて立面が操作される傾向にあるが、必ずしも顕著なものではない。

(2)は頂部の構成を基準階の立面構成別に示したものである。代表的な五つの立面構成以外では80%近くの頂部が操作されているが、こうしたファサードではやはり80%近くに低層部が設けられており、そのほとんどに明確な三層構成が見られる。一方、1スパン窓やバルコニー型では頂部の構成を意図していないものが60から70%を占めている。

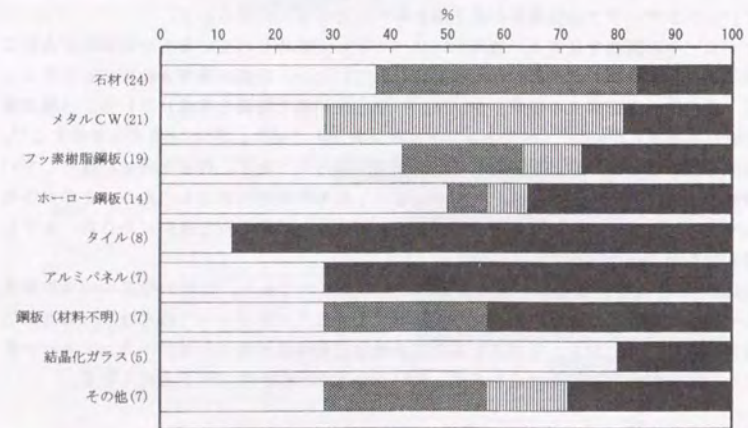
*1 3階分や4階分の低層部を持つものも7件含まれている。
 *2 「最上階の立面構成の変更」には最上階を含む数階の立面構成が変更されているものも含む。また、都市型中小ビルには斜屋制限を受けてセットバックしたものが少なからず存在すると予想されるが、大通り沿いを中心に調査を行ったためそうしたものは少ない。



(1) 建物用途別

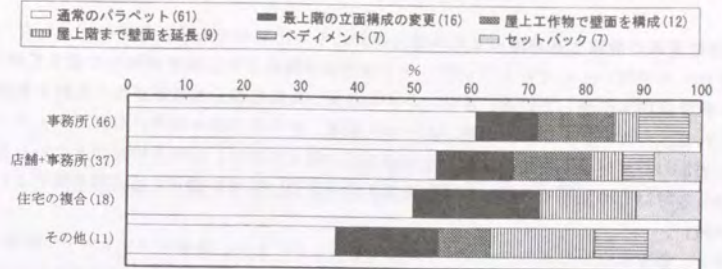


(2) 基準階の立面構成別

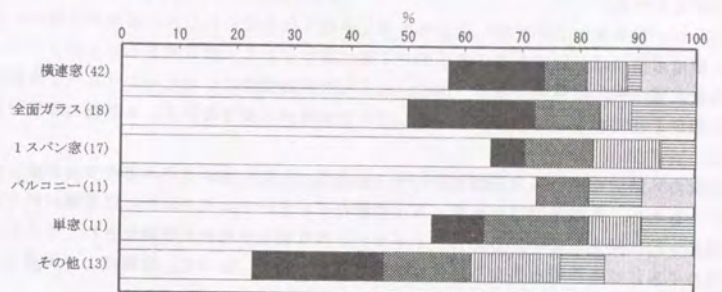


(3) 基準階の主な外装材種別

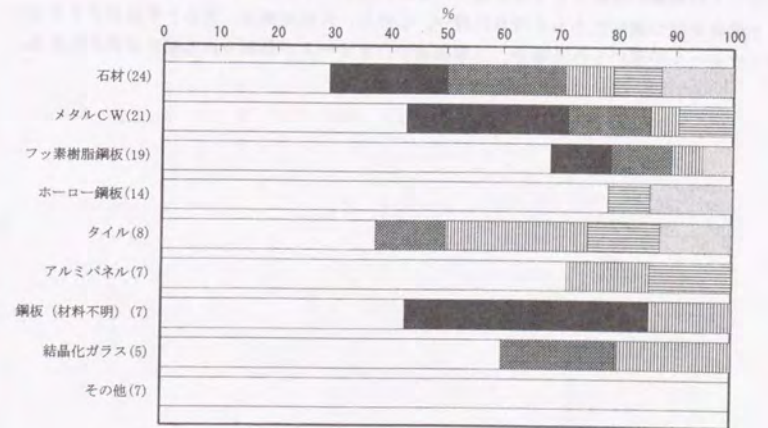
図5-15 低層部の構成



(1) 建物用途別



(2) 基準階の立面構成別



(3) 基準階の主な外装材種別

図5-16 頂部の構成

(3)は頂部の構成を基準階の主な外装材種別に示したものである。石材やメタルカーテンウォールが用いられているファサードでは頂部が構成される割合が50%を越えており、特に前者は70%に達している。また、タイルが用いられた場合も頂部が設けられる傾向が見られる。一方、フッ素樹脂鋼板、ホーロー鋼板、アルミパネルが用いられたファサードでは通常のバラベツトで納められたものが70%を越えており、材料を特定できなかった金属系外装材はその限りではないが、金属系外装材が用いられた場合には頂部を持たない傾向が強い。

以上、都市型中小ビルのファサードの特徴を明らかにした。建物のファサードは低層部、基準階、頂部の三層構成に基づいて捉えることができる。基準階の多くに横連窓型や全面ガラス型等の基本的な立面構成が採用されており、その9割はこうした代表的な五つの類型で捉えられる。

しかし、ファサードの6割には役物の発生要因となる開口部以外の要素が付加されている。横連窓型では付加要素のあるものが7割に達しており、都市型中小ビルのファサードは外壁面積の割には複雑である。但し、こうした付加要素にしてもバルコニーや外部階段等に限定されており、付加要素を考慮しても立面構成の類型毎に2、3種類の細別が発生するに過ぎない。

複数の外装材を持つ基準階は4分の1に過ぎず、しかも全面ガラス型の立面構成に集中しているため、基準階ではファサードと妻壁のインターフェイス以外には異種材料の取合いは基本的に発生しない。しかし、ファサードの6割で低層部が明確化され、そうした低層部の半数には基準階と異なる外装材が採用されている。従って、低層部との境界では異種材料の取合いによる役物の発生頻度は高い。

一方、頂部が明確化されたファサード4割を越えるに留まる。そのため、三層構成はファサードの認識の枠組としては有効であるが、都市型中小ビルの実際のファサードがこうした構成を持つ傾向にあるとは言い難い。しかし、外装材種別に見ると石材やメタルカーテンウォールが用いられる場合、三層構成のファサードが計画される傾向が認められる。

第6章 設計指向型部品に関する考察

第1節 生産技術の要件

第2節 部品情報の表現手法の要件

第3節 設計指向型部品の果たすべき役割

第1節 生産技術の要件

本章では、これまでに得られた知見に基づいて設計指向型部品の要件を考察する。乾式外装材をケーススタディとして取り上げた第5章の議論を受け、本章の考察も乾式外装システムを中心に行う。

第3章で明らかにしたように、今日の部品メーカーは見込生産方式から受注生産方式へとその生産方式を大きく転換させてきた。設計指向型部品の生産技術は、こうした過程で培われた多様な製作能力を前提にしている。

図6-1に示す工場はそうした部品生産技術の方向性を端的に示す例である。1987年に建設されたこの工場は、日本で初めて本格的なFMS^{*)}が導入されたメタルカーテンウォール工場として知られている。ここでは、(1)から(4)に示されるような多能工作機の導入、これらをセル型に配置した工場設備レイアウト、NCデータの直接ダウンロードによる部材加工等、第3章で解説したほとんどの手法が実践されているのである。

また、(5)に示したようにこの工場は加工・組立の専門工場であり、形材押出を行っていない。もちろん、全ての主要工程を同一工場内で行うべきかどうかは、メーカーの戦略的な方針に従うことであり、その優劣が一律に決まる訳ではない。しかし、かつてのアルミサッシメーカーが形材の押し速度を如何に上げるかに腐心していたことを想起する時、こうした加工・組立専門工場の出現は、外装材メーカーにとって重要な要素技術が移行してきていることを象徴的に示していよう。

こうした生産方式の特徴は、加工能力を大幅に向上させる点にあるが、さらに、加工技術の組織的な蓄積を可能にする点にも注目する必要がある。在来型汎用工作機をジョブ・ショップ型に配置する生産方式でも多品種対応は可能であり、実際これまではこうした方式によって様々な加工が随われてきた。しかし、こうした生産方式の加工技術は属人化する。必ずしも熟練技能を否定する訳ではないが、組織的に蓄積されない要素技術は製品開発に反映される機会を持ち得ない。つまり、高い加工能力とその組織的蓄積を可能にする生産技術が設計指向型部品の基盤を与えるのであり、第3章で示したようにこうした基盤は次第に整備されてきていると考えられるのである。

^{*)} Flexible Manufacturing System の略称。FMS の定義としては、例えば「DNC 工作機群と搬送システムを有機的に結合したシステム」というものがある。なお、DNC 工作機とはコンピューターによって集中管理されたNC 工作機を意味する。
伊東隆/岩田一明、フレキシブル生産システム、日刊工業新聞社、1984、p.2.

第2節 部品情報の表現手法の要件

第2章で指摘したように、建築生産の工業化手法はそれぞれ固有な情報表現手法を提出してきた。こうした史的な事実が、有効な情報表現手法が用意されない限り、部品に関する構想は実践上の展開力を持ち得ないことを示している。従って、本章で考察を試みる設計指向型部品についても部品情報表現の要件を明らかにする必要がある。

オープンシステム理念は、部品メーカーと設計者が市場を介して対峙する生産社会の枠組を提示したが、様々なプロジェクトに建築部品の入手可能性を保障するという観点から、この図式は今日でも基本的なものである。つまり、設計指向型部品もこの図式の中で展開される訳であるが、オープンシステム理念がカタログという情報媒体と結び付いている以上、こうした生産社会における部品情報表現の問題はカタログ表示形式の問題に帰着する。

しかし、第5章で明らかにしたように、乾式外装材カタログは窯業系と金属系で大きく異なっており、後者では単なる商品紹介に留まっているものも少なくない。また、部品の設計自由度を担保するためには役物に積極的な位置づけを与えることが重要であるが、役物情報を記載している場合でも個々の役物の羅列的表示に留まっている。

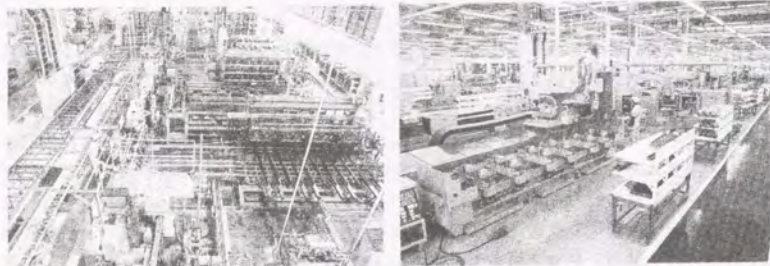
設計指向型部品の情報表示に関しては少なくともこうした問題点を解消する必要がある。ファサードに現れる定型的な役物を明示するために、まずは図5-7のような個々の役物情報に対して、それらの見取り図を用意することが要件になると考えられる。

役物の見取り図を用意しているカタログは、現状ではむしろ例外的存在である。しかし、ALCパネルのカタログでは、その多くに図6-2と同様のものが役物の見取り図として掲載されている⁵¹。第3章で述べたように、ALCパネルの生産方式は他の部品に比べると量産的な性格が強く、生産上の個別対応力は基本的には低い。そのため、外壁に現れる定型的な異形部材や異種部材を規格品として用意することで個別対応力を担保している訳であるが、そうしたフレキシビリティのカタログ上の表現として、図6-2のような表示形式が生み出されているのである。

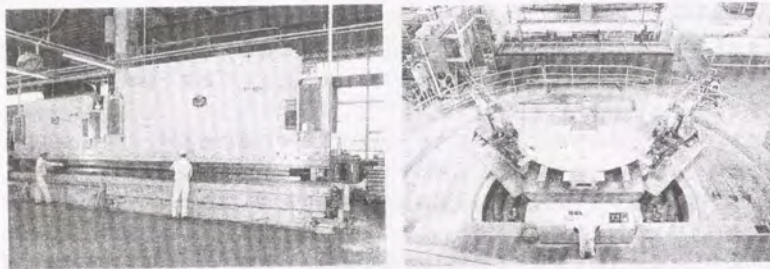
こうした表示形式は、見取り図となる立面の一般性が高いほど、実践的な価値も高まると考えられる。ALCカタログに見られる役物の見取り図は、その有効性の例証ではあるが、あくまでALCが用いられた立面から抽出されたものであり、必ずしも乾式外装材が採用される立面を代表するものではない。乾式外装材は都市型中小ビルのファサードを中心にして採用されているが、仮にこうした建物のファサードに代表的な類型が存在しないとすれば、立面に基づいて表示された役物の見取り図は、その役割を果たさないであろう。

しかし、第5章で明らかにしたように、都市型中小ビルのファサードの9割は、横連窓型、全面ガラス型等の五つの立面構成によって占められている。また、ファサードの6割にはバルコニーや外部階段等の開口部以外の要素が付加されている。こうした付加要素の存在が都市型中小ビルのファサードに見られる大きな特徴となっているが、これらを考慮しても立面構成の類型毎に2、3種類の細別が発生するに過ぎない。この様に乾式外装材が用いられるファサード類型は比較的限られており、横連窓型と1スパン窓型のように、

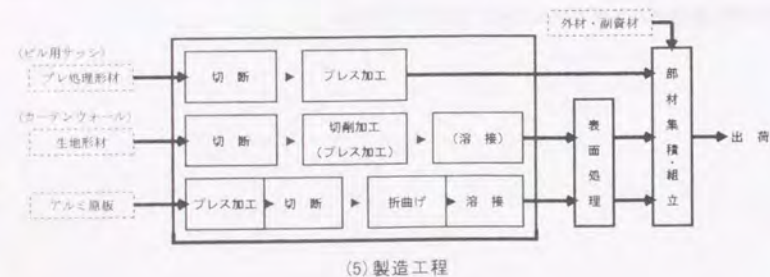
⁵¹ ALCパネルに比べるとかなり目立たない位置であるが、乾式タイルのカタログにもこうした表示形式が認められる。



(1) 自動金型交換機を備えたプレス加工機 (2) 切削加工機



(3) タンデムプレスブレーキ (4) ペンダー



出典：佐藤考一他、「現代部品工場3—メタルカーテンウォール」、Glass & Architecture 1995年夏号、p.26-30。

図6-1 FMSが本格的に採用されたメタルカーテンウォール工場の様子

役物の見取り図として表示するのであれば兼ねることの可能なものも存在する。従って、ファサード類型に基づく役物の見取り図には十分に成立可能性があると考えられよう。

また、こうしたものが外装材種の違いを越えてほぼ共通な形式として用意されることが重要である。現状では窯業系と金属系でカタログの性格が大きく異なっているが、共通の表示形式を持つことによって両者の性格が接近し、乾式外装材カタログの全体的な利便性向上が期待されるのである。特に、設計者にとっては異種材料の取合い部に関する手掛かりを得やすくなるという点で重要である。

第5章で明らかにしたように、設計者は外装材メーカーに対して異種材料の取合い部に関する情報提供を最も望んでいる。しかし、それはある意味で他社利益につながるため、ほとんどのカタログにはそうした情報は掲載されていない。都市型中小ビルのファサードでは、低層部の6割に何らかの操作が加えられており、その半数には基準階と異なる外装材が用いられている。また、ALCや押出成形セメント板を除けば、一般的に妻壁の外装材はファサードとは異なっている。基本的にはこうした異種材料取合い部の情報がそれぞれのカタログに用意されることが望ましいが、少なくとも役物が共通した形式で表示されていれば、設計者は取合い部に関する情報を間接的に入手することが可能になると考えられよう。

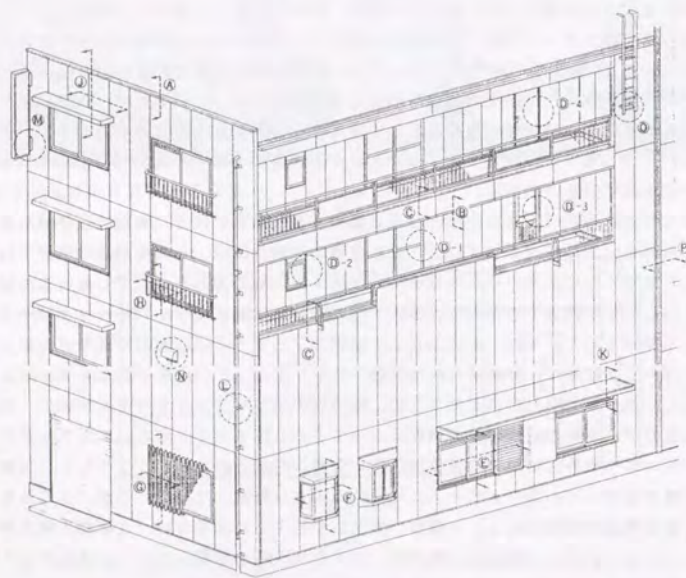


図6-2 ALCパネルのカタログに見られる部品の表示形式

以上が設計指向型部品に関する情報表示の基本的な要件になると考えられる。しかし、第4章で明らかにしたように、今日ではカタログという情報媒体自体の限界が見え始めている。カタログは、オープンシステム理念によって工業技術と建築設計を結び付けるツールとして位置づけられたものであるが、多品種化の進行によって部品の生産方式が大きく変化した結果、その技術的なポテンシャルを必ずしも的確に表現し得ない情報媒体になりつつある。

乾式外装材のカタログには設計資料として未整備なものも多く、部品メーカーの保有技術の有効活用という意味では、これらが整備されるだけでも大きな成果が期待されよう。しかし、設計指向型部品が部品メーカーが獲得した多様な製作能力の活用手段として機能する以上、カタログというツールが当面は有効性を持つとしても、将来的には情報媒体としての限界が顕在化すると予想される。

従って、設計指向型部品はより双方向的なコミュニケーションツールを要請することになると考えられるが、そうしたツールは計算機システムを前提にして構築される可能性が高い。既に部品カタログをCD-ROMで提供し始めている部品メーカーも存在するが、単に情報媒体を移し替えただけでは、部品生産技術の有効利用に結び付くものではない。つまり、計算機を活用するためにはそこに用意される情報モデルの構築が重要な課題になる。この問題は明らかに本研究の範囲を越えているが、本節で行った役物に関する表示形式の考察は、そうした情報モデルを構築する上で基礎的な知見を提供するものと思われる。

第3節 設計指向型部品の果たすべき役割

これまで繰り返し述べてきたように、設計指向型部品は、今日の部品メーカーが保有している生産技術のポテンシャルを建築設計に反映させる手段として位置づけられるものである。日本では発注規模が小さくなった途端にオーダー・メイドの道は閉ざされ、部品の入手方法は既製品の選択のみに限定されてしまうと指摘されている⁴¹。この様に建築部品の入手方法は発注規模に応じて個別的オーダーと既製品の選択とに二分されている状況であるが、設計指向型部品はこれらの中にセミ・オーダー的な入手方法を用意し、発注規模の小さなプロジェクトにも、ある程度の個別オーダーの可能性をもたらす役割を担うのである。

こうした役割を果たす前提として十分な設計自由度が必要であり、そのためには設計指向型部品は加工技術を最大限に活用しうる製品として開発される必要がある。例えば、アルミを主原料とする部品では、型材断面の一体成形技術がその成立基盤を与えたこともあり、これまでは押出工程後の断面加工を想定しない製品開発がなされてきた。しかし、図6-1に示した高度な加工技術が存在するのであれば、開発時点から全長カット等の断面加工を製品内に取り入れて行くことが可能である。さらに、方立や無目をあえて一体断面として開発せず、耐風圧や水密等の基本性能を担保する型材と見付け寸法等を個別調整する型材とに分割して開発するというように、付加価値形成の重点を積極的に加工・組立工程に移した製品も考えられよう。

現在の規格カーテンウォールでもこうしたセミ・オーダー対応は個別的には行われている。しかし、その窓口は本社営業部門等に限定されているため、こうしたサービスを受けられる設計者は限られている。また、物件対応によって生まれた方立カバーや無目カバーを規格カーテンウォール内に取り込む試みもなされているが、それは金型の再利用を動機とするあくまで受動的な対応であり、製品開発段階から加工技術を活用しようとする態度はまだ見られない。

図6-3は設計者が規格カーテンウォールに対して感じている設計上の制約を集計したものである⁴²。規格カーテンウォールの使用経験のある設計者は全体の78%であるが、その53%が方立材や無目材の見付けデザインの自由度に不満を感じており、次いで37%が見付け以外にも断面形状の操作性を望んでいる。これらの重複回答を除くと、実質的に規格カーテンウォールの使用経験者の71%が型材断面形状の操作性を望んでいることになる。しかし、図6-4に示されるように、実際に型材を全長カットしたことのある設計者は断面形状の操作を望む者の26%、無目カバーを取り付けたことのある者は20%に過ぎない。また、規格カーテンウォールに何らかの制約を感じている設計者が使用経験者の90%を超えるにも関わらず、セミ・オーダーの未経験者が43%を占めている。

この様に外装材メーカーが用意している部品は設計者の要求に十分には応えていない状態である。型材押出のように、設備投資を必要とする量産的な要素技術が確かに存在する。

⁴¹ 山下重昭他、「壁に映った日英のハウジング」、すまいるん1996年秋号、pp.8-9。

⁴² 図6-3と図6-4は第5章第2節第1項で分析したアンケート調査の設問の一部を集計したものである。



図6-3 規格カーテンウォールに感じる設計上の制約

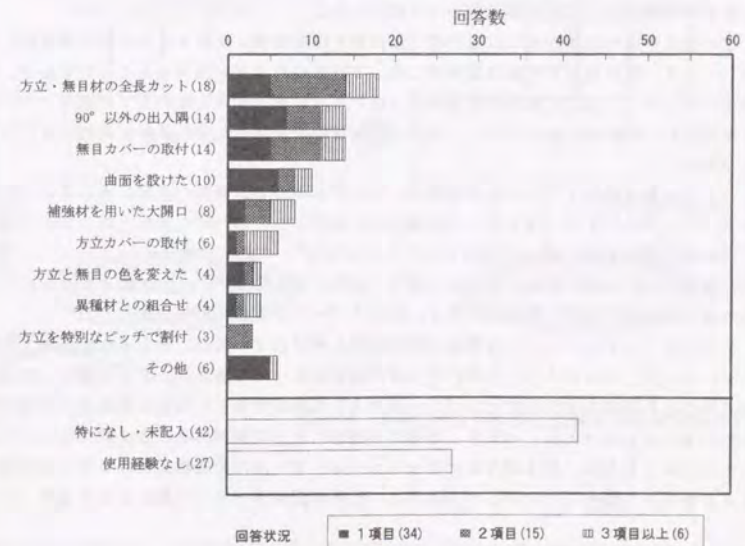


図6-4 規格カーテンウォールに施したことのある工夫

しかし、今日の加工技術を製品開発に反映させることで、建築部品に残された頑固な量産性を払拭することが可能であり、設計者からもそうした設計指向型部品が要請されていると考えられる。

最後に、設計指向型部品が建築生産社会に対して果たす役割について考察したい。

現在の生産社会の基本的枠組を提示したオープンシステム理念は、選択という行為を建築設計に導入することで、工業技術と建設技術との間に妥協点を見出すことに成功した。しかし、このことは、設計者と部品メーカーのコミュニケーションを市場を介した間接的な回路に限定すること意味しており、部品メーカーの開発が設計者の価値観と遊離する危険性を孕むものであった。

オープンシステム理念はこうした事態を回避するために、市場原理や支配型設計者という職能に設計者の価値観の伝達を期待したが、第2章で明らかにしたように、工業製品に関しては市場原理による淘汰というメカニズムは基本的に機能しない。また、部品メーカーを主導する支配型設計者という超越的な役割は、開発対象が明確であった時期には住宅部品開発センター等の公的機関が代行したと言えようが⁴¹、設計者の職能としては定着しなかった。

他方、発注規模の大きなプロジェクトは個別的オーダーが可能であり、設計者の価値観を部品メーカーに直接的に伝達することが可能である。しかし、これらはあくまで1回限りの個別事例として消費され、部品メーカーの製品開発に影響を与えることは稀である。かつては、住宅メーカーの発注したオリジナル部品が市販部品の開発に大きな影響を与えたこともあったが、まとまった発注を継続的に行っている住宅メーカーにしても、そうした部品開発拠点としての役割は縮小する傾向にある⁴²。

この様に今日の生産社会には設計者の価値観を部品開発に反映させる回路が基本的に欠如している。設計指向型部品は設計者に対して設計の自由度を提供することになるが、部品メーカーにとってはこの設計指向型部品を通して設計者の要求を集約して把握することが可能になり、図6-5に示すように、設計者の価値観を反映した部品開発の契機を与えるのである。

こうした製品開発メカニズムの先例は、システムキッチン開発の変容に求めることができる。システムキッチンはドイツの厨房部品を参考にして1971年に開発され、70年代中頃には欧米の厨房部品も盛んに輸入されることになる⁴³。これらの欧米型システムキッチンは、豊富なカラーヴァリエーションを備えており、細かなモジュール寸法が与えられているためカウンターの開口対応力が高く、収納スペースの構成も自在である。

こうしたシステムキッチンは現在では部材型と呼ばれているが、そもそもは扉材、カウンタートップ、キャビネットがそれぞれ専門業者によって製造され、さらに顧客の要望に応じてこれらを組み立てるアSEMBラーが独立して存在するという欧米の社会的分業の中から生まれたものである。つまり、部材の多様性によって厨房部品の社会的分業が支えられている訳であるが、例えばキャビネットメーカーであれば厨房部品だけでなく家具等のキャビネットも製作しているというように、欧米の部材メーカーは業務を水平展開してい

るため、量産効果も部材毎に積み重ねられている。

一方、部材製作から組立までがキッチンメーカー内部で行われる日本では、部材型は高級品にならざるを得なかった。そのため、カウンターの開口寸法を大割にし、収納スペースやカラーヴァリエーションを出現頻度の高いものに限定した簡易型システムキッチンが、70年代後半から改めて開発されることになるのである。

システムキッチン開発の変容は、基本的には日本に移植された海外部品が産業構造の変化に順応した結果として理解される現象である。但し、そこでは設計自由度の高い部材型によってユーザーの様々な要求が引き出され、そうしたユーザーの価値観の集約が、簡易型というパッケージ化された製品開発の基盤を与えることになったのである。この様に設計指向型部品は設計者の価値観を部品開発に反映させる回路として機能し、これまでの工業化理念がその必要性を認めながらも用意し得なかった機能を補完することが期待されるのである。

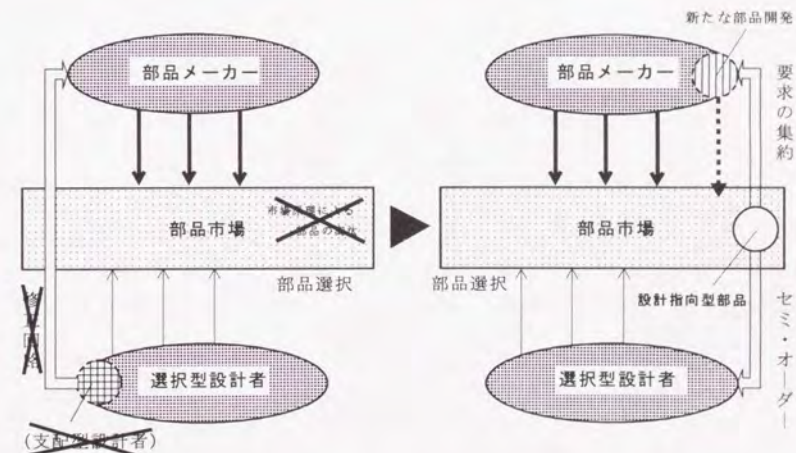


図6-5 建築生産社会における設計指向型部品の役割

⁴¹ (財)ベターリビング編、「特選・20年の歩み」、better living 93年要号。

⁴² 加藤、建築部品を用いた設計手法に関する基礎研究、東京大学修士論文、1992、pp.61-80。

⁴³ 井上工業編、人と暮らしの中に一脱し台の歴史、井上工業、1979、pp.115-121。

Faint, illegible text in the top half of the left page.



Faint, illegible text in the bottom half of the left page.

第7章 結論

第1節 本研究の到達点

第2節 今後の研究課題

第1節 本研究の到達点

本研究は今日の部品製造技術が建築生産において有効に展開されていないという認識から出発した。そして、高い設計自由度を備えた「設計指向型部品」を今後の建築部品像と位置づけ、その成立要件と果たすべき役割を考察するために以下の研究目的を設定した。

- (1) 工業化理念の検討を通じてこれまでの建築部品の枠組を総括し、建築設計における部品の問題点を明確化すること。
- (2) 部品メーカーの生産方式の特性と近年に生じた技術革新を明らかにすることで、その技術的可能性を検証すること。
- (3) 部品のヴァリエーション構造を明らかにすることで、選択肢として用意された設計自由度の限界を検証すること。
- (4) 建築部位のフレキシビリティを支える鍵として役物に着目し、部品の設計自由度を高めるための要件としてその扱い方の枠組を明確化すること。
- (5) 以上の知見に基づいて、今後の建築部品像として「設計指向型部品」を考察すること。

(1) については、まず建築部品が建築生産の個別性と工業生産の量産性の妥協点として成立したことを明らかにした。次いで、工業化に大きな役割を果たしたアプローチが工業技術と建築設計を結び付ける新たなツールをそれぞれに提出しており、特に今日の生産社会の枠組を支えているオープンシステム理念が建築部品の活用方法として選択という行為を建築設計の中に導入し、カタログというツールがそれらを結び付けていたことを指摘した。また、その前提として部品には幾つかの条件設定がなされたが、部品が見込生産されるという設定がそうしたオープンシステム理念の考え方に根拠を与えていることを明らかにした。

(2) については、部品メーカーの工場調査に基づいて、今日の部品生産が、完成品の見込生産を行っていないという点でかつての工業化理念が前提にした部品生産の姿と異なっており、何らかの工程で見込計画生産やロット生産が行われているという点では手工業的な受注生産とも異なっていることを明らかにした。また、こうした生産方式は部品の多品種化によってもたらされたものであるが、生産方式の変容過程で加工技術が飛躍的に高度化しており、ここに従来の生産方式には見られない可能性が存在することを指摘した。

(3) については、既往研究を援用しながらカタログ上に用意された部品ヴァリエーションが飽和状態にまで達していることを示し、オープンシステム理念が提出した選択という行為に基づく設計のあり方に綻びが見え始めていることを明らかにした。さらに、カタログの情報表示のあり方にも言及し、見込生産方式時代と同様な情報表示形式では、現在の部品メーカーが保有している技術的なポテンシャルを十分に伝達できなくなっている現状を指摘した。

(4) については、まず役物という概念が建築生産における量産と深く関わっている可能性を指摘し、部品の設計自由度を高める端緒として「役物」を見直すことの重要性を示

した。役物の扱い方については乾式外装システムを取り上げてケーススタディを行っている。アンケート調査に基づいて乾式外装材に対する設計者の要望を把握すると同時に、乾式外装材カタログにおける役物情報の表示状態を分析し、これらの知見に基づいてカタログ上に役物の見取り図を用意する考え方を示した。

乾式外装材の役物に見取り図を与えるためには立面の全体的な表示が必要であり、こうしたものが有効に機能するためには、乾式外装材が多用される立面構成に対して代表性を備えていることが重要である。この点については、都市型中小ビルのフィールド調査に基づいて乾式外装材が採用されているファサードには典型的な類型が存在することを示し、役物の見取り図を用意するという考え方の成立可能性を検証した。

(5) については、以上の知見を総括して、高い設計自由度を内包した設計指向型部品を成立させるための技術的基盤の存在が検証されたこと、またこうした構想の実践上の展開力に大きな影響力を与えることになる部品情報の表現手法の要件を役物という観点から明らかにしたことを示した。さらに、こうした設計指向型部品が果たすべき役割を、オープンシステム理念との関係の中で考察し、これまで理念上ではその必要性を認めながらも現実的には構築されることのなかった「部品の修正回路」として機能する可能性を指摘した。

第2節 今後の研究課題

最後に、残された研究課題を示して論を閉じたい。最大の研究課題は乾式外装システム以外の設計指向型部品の要件を明らかにすることである。本研究で考察してきた設計指向型部品という部品像は、部位を限定して構想したものではないが、本研究での論考はあくまで乾式外装システムを前提としたケーススタディに止まっている。そのため、提示した諸要件には乾式外装材や外装という限定によって成立しているものが含まれていると考えられる。例えば、外装は内装などに比べると要求条件が多岐に渡るため、その取り扱いには専門的知識が必要であり、設計者の価値観を比較的自立的に投影することが可能である。しかし、内装部品などは物理的な要求条件は外装部品より緩やかになるが、建物の所有者や使用者からの要求が増える。そうした使用者の価値観を反映させるといった条件にまでは考察は及んでおらず、今後の大きな課題として残されている。

また、本研究は複数の調査研究によって構成されているが、設計指向型部品の一般的な要件を模索するためには、調査対象をさらに広げて行く必要がある。特に第4章で考察したカタログにおけるヴァリエーションの問題は既往研究の調査結果に依存しており、自らが行ったカタログ調査は岩下の調査範囲に比べると極めて限定されたものである。度々指摘したように、カタログにおける情報表示の問題はオープンシステム理念と密接に結び付いた興味深い研究対象であり、今後も実証的な追求が必要である。

第3章に示した部品の生産方式の変容に関しては、今後も定期的な観察が必要であると思われる。近年の生産方式の変化は急速であった。住宅部品の生産方式の実態把握は1983年に大野等によって行われたことがあるが、当時に比べると驚くほどの変化が生じていた。また、松村等によるプレカット工場の継続的調査によれば、プレカットの工場設備の小型化が次第に進行し、現在では大工・工務店の下小屋作業向けのプレカット工作機が販売されているという。図6-1に示したメタルカーテンウォール工場では、切断から切削・穴明けへと複数のセルを移動しながら材材が加工されているが、一ヶ所で全ての加工を賅えるセルを構築している最中であった。木工用工作機以外にも同様な現象が発生するかどうかは不明であるが、こうした生産方式が実用化されるとすれば、加工・組立に関しては遠距離にある大工場で行う必然性は失われ、外装材の散在的小規模生産システムの成立可能性が生まれる。その場合、設計指向型部品についてもまた新たな展開が可能になると考えられよう。こうした新しい可能性を探るといった意味でも、部品生産技術の継続的な実態把握も今後の重要な研究課題である。

【参考文献一覧】

1. アドルフ・マイヤー編, 貞包博幸訳, バウハウスの実験住宅, バウハウス叢書3, 中央公論美術出版, 1991.
2. 安藤正雄, “住生産における産業構造および生産技術の変化に関する日英比較研究(1)”, 住宅総合研究財団研究年報No18, 1991, pp. 379-392.
3. 池辺陽他, “建築生産工業化のために”, 造, 1966. 1, pp. 10-55.
4. 石橋絢彦, 工業字解 建築ノ部, 1911.
5. 伊東誼/岩田一明, フレキシブル生産システム, 日刊工業新聞社, 1984.
6. 井上工業編, 人と暮らしの中に一流し台の歴史, 井上工業, 1979.
7. 岩下繁昭, “住宅部品関連年表”, 建築技術, 1976. 11, pp. 409-431.
8. 岩下繁昭, 製品化計画論, 武蔵工業大学学位論文, 1979.
9. 岩下繁昭, 日米住宅部品品種比較調査レポート, アティアス, 1994.
10. 岩下繁昭他, “鏡に映った日英のハウジング”, すまいろん, 1996秋号, pp. 6-18.
11. 内田祥哉他, “住宅部品化の方向について”, ビルディングレター, 1968. 8, p. 8.
12. 内田祥哉, 建築生産のオープンシステム, 彰国社, 1977.
13. 江口禎, プレファブリケーションの生産性向上効果に関する研究, 東京大学博士論文, 1965.
14. 江口禎, “部品化住宅の概念”, 住宅, 1975. 11, pp. 2-8.
15. 大石泰彦編, 現代経済学入門 [増補改訂版], 有斐閣, 1973.
16. 大野勝彦, 部品化建築論, 東京大学学位論文, 1971.
17. 大野勝彦, 現代民家と住環境体, S D選書105, 鹿島出版会, 1976, p. 89.
18. 大野勝彦他, “住宅をつくる部品たち”, 建築知識, 1983. 5, p. 161-168.
19. 大野耐一, トヨタ生産方式—脱規模の経営をめざして, ダイアモンド社, 1978.
20. 大野隆司, “乾式外壁構法の現況”, 新・ファサードシステム, 建築技術, 1991, pp. 29-44.
21. オットー・マイヤー/ロバート・C・ポスト編, 小林達也訳, 大量生産の社会史, 東洋経済新報社, 1984.
22. 加々井千裕, 役物に注目した乾式外装システムに関する研究—都市型中小ビルファサード考, 東京大学修士論文, 1996.
23. 片野博, “1930年代の米国における工業化住宅の発展に関する研究”, 日本建築学会計画系論文報告集第446号, 1993. 4, pp. 71-79.
24. カミュー・ボナム/ルイ・レオナル, 水田喜一郎/松谷蒼一郎共訳, 住宅生産の工業化—量産システムの理論と実際, 鹿島出版会, 1970, p. 271.
25. 菊地成朋, “社会的な課題と結びついた「ノントラディショナル」の再生”, *Glass & Architecture*, 1995秋号, pp. 28-33.
26. 建築辞典編集委員会編, 建築辞典, 共立出版, 1959.
27. 建築用語辞典編集委員会編, 建築用語辞典, 技報堂, 1965.
28. 剣持吟, 開口部論, 東京大学学位論文, 1965.
29. 近藤洋史, 建築における役物の研究, 東京大学修士論文, 1995.
30. 佐藤考一, 建築部品を用いた設計手法に関する基礎研究, 東京大学修士論文, 1992.
31. 佐藤考一他, 建築部品を用いた設計手法に関する基礎研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 1992. 8, pp. 849-850.
32. 佐藤考一他, “オープンシステム理念における設計行為に関する考察—「規格構成材方式」の検討を通して”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1994. 9, pp. 887-888.
33. 佐藤考一他, “建築における役物の研究—その1〜3”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 1995. 8, pp. 601-606.
34. 佐藤考一他, “現代部品工房3—メタルカーテンウォール”, *Glass & Architecture*, 1995夏号, p. 26-30.
35. (財)ベターリビング編, “特集:20年の歩み”, *better living*, 1993春号.
36. 篠原勲, N P Sの奇跡, 東洋経済新報社, 1985.
37. (社)機械技術協会監修, 日本のFMS事例集, マシニスト出版, 1982.
38. (社)日本建材産業協会, 建材メーカー・物流に関するアンケート調査結果分析報告書, 1991, pp. 9-14.
39. 彰国社編, 建築大辞典, 彰国社, 1974.
40. 彰国社編, 建築ディテール集成1〜4, 彰国社, 1994.
41. スティーブン・グロアック, “日本のプレファブ住宅から我々が得た教訓”, すまいろん, 1996秋号, pp. 19-25.
42. スピロ・コストフ編, 植文彦監訳, 建築家—職能の歴史, 日経マグローヒル社, 1981.
43. 綜建築研究所編, 規格構成材建築への出発—剣持吟遺稿集, 綜建築研究所, 1974.
44. 高橋功, 実践N P S経営, プレジデント社, 1990.
45. チャールズ・E・ソレンセン, 福島正光訳, 自動車王フォード, 角川書店, 1969.
46. 土屋光基, 建築部品のオーダーシステムに関する研究, 東京大学卒業論文, 1992.
47. 東樋口護, 住宅の部品化に関する基礎的研究, 京都大学学位論文, 1985.
48. 中村達太郎, 日本建築辞彙, 丸善, 1906.
49. ニコラス・ベヴスナー, 白石博三訳, モダン・デザインの展開—モリスからグロピウスまで, みすず書房, 1957.
50. 日本建築学会, 建築術語集(第5版), 丸善, 1948.
51. 日本建築学会編, 建築学用語辞典, 岩波書店, 1993.
52. 日本建築センター編, 第1回日仏建築工業化会議報告書, 日本建築センター, 1969.
53. 日本図学会編, 図形科学ハンドブック, 森北出版, 1980.
54. バックミンスター・フラー/ロバート・W・マークス, 木島安史/梅沢忠雄共訳, バックミンスター・フラーのダイマキシオンの世界, 鹿島出版会, 1978.
55. 長谷川幸男, 多品種少量生産システム(第2版), 日刊工業新聞社, 1984.
56. 人見勝人, 生産システム工学(第2版), 共立出版, 1990.
57. 人見勝人, 生産システム論—現代生産の技術とマネジメント, 同文館, 1990.
58. 平沢岳人, 部品概念に立脚した建築設計生産情報の操作理論研究, 東京大学学位論文, 1992.
59. 平山嵩他, 建築術語辞典, オーム社, 1956.
60. 深尾精一, “建築生産のサブシステム化に関するルールについて”, 日本建築学会論文報告集第246号(pp. 81-87), 第247号(pp. 119-124), 第248号(pp. 71-76), 1976.
61. 古川修, “住宅部品化の歩み”, 建築技術, 1976. 11, pp. 127-139.

62. 古屋正次他, “中高層建築物の外壁設計プロセスに関する研究”, 新ファサードシステム開発研究レポート1989, 日本カーテンウォール工業会.
63. フレデリック・W・テラー, 上野陽一訳, 科学的管理法(新版), 産能大学出版部, 1969.
64. プレハブ建築協会編, 世界のプレハブ・システム, プレハブ建築協会, 1948.
65. 松村秀一, 戸建住宅構法計画試論, 東京大学学位論文, 1984.
66. 松村秀一, “住宅部品の夢と現実”, 群居25, 1990, pp. 59-64.
67. 松村秀一, “さやの中のえんどう豆”, 群居34, 1993, pp. 184-192.
68. 漢利重隆, 経営管理総論(新訂版), 千倉書房, 1956.
69. 門田安弘, トヨタシステムートヨタ式生産管理システム, 講談社, 1989.
70. 柳田国男/山口貞夫, 居住習俗語彙, 民間傳承の會, 1939.
71. ルシアン・クロール, 重村力訳, 参加と複合, 住まい学大系31, 住まいの図書館出版局, 1990.
72. レイナー・パンナム, 石原達二/増成隆士訳, 第一機械時代の理論とデザイン, 鹿島出版会, 1976.
73. Barry Russell, *Building Systems, Industrialization and Architecture*, John Wiley & Sons, 1981.
74. Chales Downes / Chales Cowper, *The Building Erected in Hyde Park for the Great Exhibition of Works of Industry of All Nations, 1852*, reprinted edition, Victoria & Albert Museum, London, 1971.
75. Charles Jencks, *Modern Movements in Architecture*, Penguin, 1973.
76. EFL(ed.), *SCSD—the Project and the Schools*, EFL, 1967.
77. EFL(ed.), *Building Systems Planning Manual*, EFL, 1971.
78. EFL(ed.), *Systems—An Approach to School Construction*, EFL, 1971.
79. Gérald Blachère, “The Consequences of the Open System on Design and Integration”, *Towards Industrialised Building—Proceedings of the third CIB Congress, Copenhagen, 1965*, Elsevier Publishing Company, 1966, pp.238-239.
80. Henry Ford, *My Life and Work*, Garden City, 1922.
81. H.Ward Jandl (et al.), *Yesterday's Houses of Tomorrow—Innovative American Homes 1850 to 1950*, The Preservation Press, 1991.
82. Ian McCallum, *Architecture U.S.A.*, The Architectural Press, 1959.
83. Kenneth Franpton, “Glass, Iron, Steel, and Concrete 1775-1915”, *Modern Architecture 1851-1919*, GA Document special issue 2, A.D.A.EDITA Tokyo, 1981, pp.1-9.
84. Roberet Thorne, “Paxton and Prefabrication” in Derek Walker (ed.), *The Great Engineers—The art of British Engineers 1837-1987*, Academy Editons, 1987, pp.52-69.
85. Thomas Schmid / Calro Testa, *Systems Building*, Architektur Artemis, 1969.
86. Walter Gropius, *Scope of Total Architecture*, George Allen & Unwin Ltd, 1956.
87. Walter Gropius, “Programme for the Establishment of a Company for the Provision of Housing on Aesthetically Consistent Principles”, *Architectural Review*, July 1961, pp.49-51.

謝辞

ウンベルト・エーコによれば論文作成に要する時間は発意から3年以上かかるものではないという。3年以上かかるとすれば、1)選択した論題が自分の能力を超えている、2)そもそも20年の継続的な取り組みが必要な論題である(但し、有能な学生であれば有効な限定を設けて3年間でまとめることができる)、3)論文ノイローゼにかかっている、かのいずれかであるという。私の場合はこの小論をまとめるのに5年間を要しましたが、今になってみれば全てに該当するように思え、我ながら情けない限りです。いずれにしても諸先生方の御指導、そして多くの方々の協力がなければこの論文の完成がなかったことだけは確かなことです。

論文の作成期間中、坂本功教授、松村秀一助教授には様々な御指導を頂きました。ここに感謝の意を表したいと思います。

大野建築アトリエの大野勝彦所長には様々な共同研究を通じて御助言を頂きました。それらの研究はこの論文と必ずしも直接的に関わるものではありませんでしたが、それだけに自分の視野を広げることができたと思います。

ライフフィールド研究所の真鍋弘氏にはGLASS & ARCHITECTURE誌への連載の機会を与えて頂きました。連載のテーマが自分の研究内容と密接に結び付いていただけて貴重な体験でした。

また、研究の趣旨を理解して頂いた設計者や部品メーカーの方々の御協力によって、様々な調査を実施することができました。

この小論はいくつかの共同研究の成果に負うものです。特に、近藤洋史君、加々井千裕君らと行った役物研究は論文の中核であり、両君との共同研究がなければ論文の着地点は見い出せなかったと思います。

これらの方々に深く感謝の意を表します。

1996年12月20日

佐藤 昌一

