

ファサードエンジニアリングの統合に関する研究

—既存ファサードの性能調査・分析—

STUDIES ON INTEGRATED FACADE ENGINEERING

—Analyses on existing facades—

竹内 徹^{*1}, 小谷野 一尚^{*2}, 岩田 衛^{*3}

Toru TAKEUCHI, Kazuhisa KOYANO and Mamoru IWATA

Building facade plays an important role for not only creating urban landscape, but also has an effect on environmental impact through energy consumption. Remarkable development in the area of facade engineering has taken place in Europe for the past two decades, resulting in elegant appearances and reducing environmental impacts; however, the application in Japan requires improvements corresponding to the different climates. Also in these areas, seismic retrofit by attaching additional frames with seismic energy dissipation devices on facades is demanding. In this paper, for satisfying all of these demands, integrated concept of facade engineering is proposed, and required functional factors are analyzed and discussed through projects over the past 12 years.

Keywords: Facade Engineering, Environmental Impact, Structural Element, Urban Landscape

ファサードエンジニアリング, 環境負荷, 構造要素, 都市景観

1. 序

建物の外壁面を構成するファサードは都市景観を形成する重要な要素の一つであるとともに、建物内部を外的環境から保護し、建築物の消費エネルギー効率に影響を与える要素の一つである¹⁾。図1に示すように、現在経済活動・人口が集中する大都市において近年顕在化する諸問題に対し、ファサードが貢献できる機能の可能性として以下の点が挙げられる。

- 1) 都市景観の改善: 乱開発による街並みの細分化、個々のデザインの不調和の改善。建物全体をスクラップアンドビルトする以外の整備手法の展開。
- 2) 環境・エネルギー負荷の改善: 建物密度の高度集積がもたらすエネルギー不足、ヒートアイランド現象、大気汚染に関する対策。
- 3) 防災・耐震性能の改善: 都市直下型大地震時の既存不適格建物を始めとする甚大な被害の予防。

上記問題を効果的に改善するためには、新築建物だけでなく、都市の大部分を構成する既存建物の改修にも応用できる手法の開発が望まれる。特に、耐震性能の改善に関しては、耐震要素を配する場所として建物外周部が適していることから、外面に露出して補強が付け加えられることが多い一方、これらの機能がファサードと無関係に構造要素として設計されるために、景観として劣悪となることが多い²⁾。また、環境・エネルギー効率に配慮したファサードエンジニアリングはヨーロッパを中心に近年発達が見られるが³⁾⁻⁵⁾、気候が大きく異なるわが国に適用する上ではコンセプトの改良・変更が必要になると考えられ

る⁶⁾⁻¹¹⁾。本研究ではこれら各分野のファサードエンジニアリングを我が国の環境に合わせて統合化することにより、上記の問題への対処を一体に行う概念を提案し、具体化を検討する(図2)。一例としては、図3に示すようにファサードに省エネルギー、環境負荷低減機能だけでなく耐震・制振機能を持たせ、その上で都市景観を構成し得る外観を構成する方法が考えられる。こういった建築構成要素を開発し、既存建物のファサードに付加または交換することにより、主構造を改変することなく、場合によっては建物を使用したままで、外観・耐震性能・省エネルギー性能の全てを改良することが可能となる。このような試みは、建築デザイン上、既存建物を再利用したリユースデザインの有

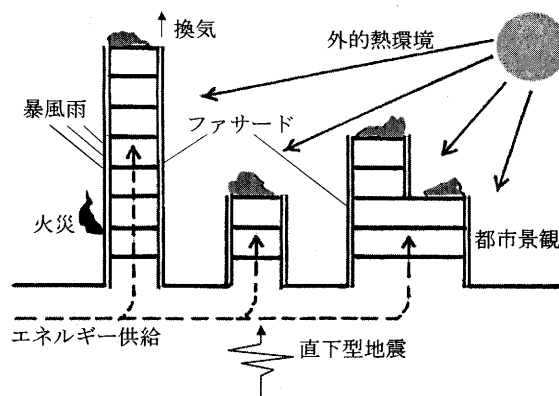


図1 ファサードと都市景観・環境・防災

^{*1} 東京工業大学理工学研究科建築学専攻 助教授・博士(工学)

^{*2} 神奈川大学大学院 修士課程

^{*3} 神奈川大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Arch. and Building Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Graduate School Student, Kanagawa University

Prof., Dept. of Arch. and Building Eng., Kanagawa Univ., Dr. Eng.

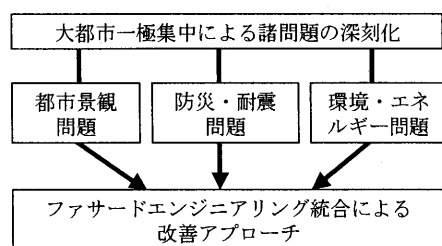


図2 本研究の目的

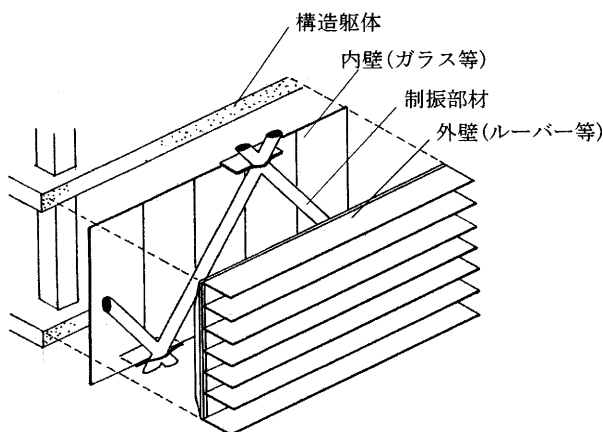


図3 制振部材を用いた統合ファサードの構成例

力手法となるものと考えられるが、現在まで異なる価値観で個々に行われてきた専門分野を横断する総合研究となり、前例があまり見られない。本研究ではエンジニアリングサイドからのアプローチによる統合ファサードの具体的な提案を目的とする。

統合すべきファサードに要求される機能因子の一部は、現状ではファサードを構成する各要素によりそれぞれ充足されていると考えられる。これらをまず分析し、評価手法を設定することは、統合ファサード設定の為に不可欠である。本論文では、第一段階として、過去12年にわたる既存のファサード構法に関する具体的事例の収集を通じ、ファサードに要求される基本的な機能因子の抽出および評価軸の設定を行う。設定された評価軸に沿って複数の評価者による評価を行い、その傾向を分析することによってファサードの各機能の関連性および過去12年の傾向を分析する。さらにそれらの結果を踏まえ、新しい機能を付加した統合ファサードの可能性について検討する。

2. ファサードにおける機能と評価軸の抽出

大都市の諸問題に対する統合ファサードの基本機能を、図2に示すとおり都市景観の改善、防災・耐震性能の改善、環境エネルギー負荷の3軸より考える。各軸において、まず既存のファサードシステムについて調査し、機能因子の設定および妥当性の検討を行う。検討方法として、建築専門誌「日経アーキテクチャ」より過去12年にわたる既存建物のファサード構法に関する具体的事例を抽出し、記述されている文章から都市景観面を考慮した『デザイン軸』、防災・耐震面を考慮した『シェルター機能軸』、環境・エネルギー面を考慮した『環境軸』の3軸に沿った評価を行う。同誌を選択した理由としては、他の専門誌がデザイン、技術、施工等の何れかに重点を置いて建物を紹介しているのに対し、同誌では公開されている編集方針を含め、建築デザインに偏ることなく、技術動向、業界動向、建築をめぐる社会的な話題について総合的な観点で取り上げていることから、デザイン面・耐震性能・環境性能を総合的に評価する本研究の調査対象として最も適切であると判断し選択した。

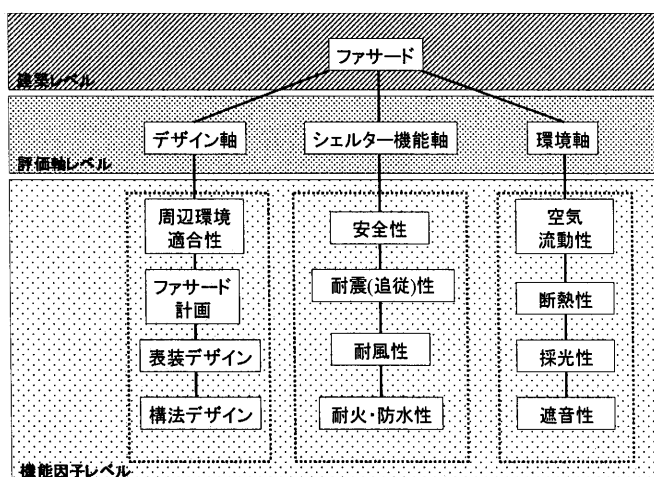


図4 既存ファサードを構成する機能のヒエラルキー

これらの記述および関連文献^{12)~14)}を参考に各評価軸において以下に記述するような機能因子を設定し、評価項目として使用する(図4)。

2.1 デザイン軸

『デザイン軸』での機能因子は人間の思考性を考慮し、離れたところから建物に近づいて行くときの視点で考え、以下の4評価項目を設定する。

- 1-1) 周囲(街並み)とファサードの関係である「周辺環境との適合性」
- 1-2) 建物自体とファサードの関係である「建物におけるファサードの計画」
- 1-3) ファサード自身のデザイン性として「ファサードの表装デザイン」
- 1-4) ファサードを支える構造体の「構法デザイン」

具体的な評価方法として、「周辺環境との適合性」では都市景観面の配慮、街並み(周囲)との共生(街並みのカラー・様式・形式の統一、多様性、地域性の配慮、街並みへの効果的インパクト)等、「建物におけるファサードの計画」では、建物の顔としての効果、ファサードが囲う空間の必然性、方位の必然性等、「ファサードの表装デザイン」では、透明性、質感、外壁の素材、肌合、表情等、「構法デザイン」では、構法(ディテール)、サポートシステム(吊り工法、張弦工法、SSG工法、DPG工法、MPG工法、ガラスリブ工法)等の洗練度を評価する。

2.2 シェルター機能軸

『シェルター機能軸』での評価項目はシェルターとしての安全性、必要性能を考慮し、以下を抽出する。

- 2-1) 壁素材の安定性や耐衝撃性を中心とした「安全性」
- 2-2) 「耐震性」。既存のファサードでは未だそれ自身が耐震耐力やエネルギー吸収機能を有しないため、ここでは地震時の変形に追従する性能を評価の対象とする。
- 2-3) 暴風時の破損を回避する耐風性能としての「耐風性」
- 2-4) 暴風時の雨水の浸入を回避する耐水性、隣地・上下階の延焼を回避する防火性を評価する「耐火・防水性」

具体的な評価内容としては、「安全性」では耐衝撃性能、脱落防止機能、飛散防止機能(ガラス中間膜、合わせガラス、全面接着等)、材料割れ対策の有無を評価する。「耐震性」では、層間変形に追従できる地震のレベル、「耐風性」では、考慮する設計風圧の再現期間レベル、「耐火・防水性」では、支持構面を含む耐火性能および防水性(防水、止水、結露、シール等の性能)を評価する。

2.3 環境軸

『環境軸』での評価因子は環境負荷、省エネルギーを考慮して以下を

表2(a) 具体的事例評価表(一部抜粋)

	建築物	所在地	施工終了年	構造	種類(工法等)			評価者	評価因子(点数)												小計	合計
					カーテンウォール	ガラス	その他		デザイン軸				シェルター機能軸				環境軸					
									環境適合性	ファサード計画	表装デザイン	構法デザイン	安全性	耐震性	耐風性	耐火・防水性	空気流動性	断熱性	採光性	遮音性		
80	ひさまつPAO	広島県佐伯市	1999年8月	木造一部S造	アルミカーテンウォール	フロートガラス	木製ルーバー(外)	A	1	2	2	2	0	0	0	1	0	0	2	1	11	44
							B	2	1	2	2	1	1	1	1	0	2	2	1	16		
							C	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	17		
81	文化フォーラム春日井	愛知県春日井市	1999年8月	SRC造一部S造	DPG工法アルミカーテンウォール	高性能熱線反射ガラス+合わせガラス	ダブルスキン屋上緑化ファンコイル	A	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	13	44
							B	0	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	2	13		
							C	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	18		
82	富山県総合福祉会館	富山県富山市	1999年9月	SRC造・RC造・S造	DPG工法アルミカーテンウォール	複層ガラス熱線反射ガラス	屋上緑化ファンコイルユニット	A	0	1	1	0	1	2	2	1	0	0	2	1	11	39
							B	0	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	12		
							C	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	16		
83	北数5カ国大使館	ドイツ・ベルリン	1999年10月	RC造・S造	パンチングステンレス加工パネル黒御影石	*	木製、アルミ、ガラスルーバー(外)	A	2	2	2	1	1	0	0	1	1	2	2	1	15	42
							B	2	2	1	1	1	0	0	1	0	2	1	1	12		
							C	2	2	2	1	1	0	0	1	1	2	2	1	15		
84	QFRONT	東京都渋谷区	1999年12月	S造一部SRC造	アルミカーテンウォール	高透過ガラス	ダブルスキンルーバー状LEDユニット	A	2	2	2	0	1	2	1	1	2	1	1	2	17	54
							B	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	19		
							C	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	18		
85	霧島アートホール	鹿児島県姶良郡	1999年12月	RC造一部S造	DPG工法アルミカーテンウォール	強化合わせガラス(飛散防止フィルム)	ガラス底(リブガラス)	A	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	0	1	12	39
							B	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0	2	1	13		
							C	1	2	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	14		
86	志賀町役場	滋賀県滋賀市	1999年12月	SRC造一部RC造・S造	アルミカーテンウォール	複層ガラス	ルーバー(外)ライト シェルブ様光	A	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	16	45
							B	1	1	2	1	1	1	1	1	0	2	2	1	14		
							C	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	15		
87	NEC玉川ルネッサンスシティ	神奈川県川崎市	2000年1月	SRC造・S造	ガラスリブ工法アルミパネルフッ素塗装	強化ガラス	エアフローウインドウ自動ブラインド	A	1	1	1	1	2	2	2	2	1	0	2	1	16	49
							B	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	17		
							C	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	16		
88	アクアマリンふくしま	福島県いわき市	2000年1月	RC造・S造	DPG工法アルミサッシアルミイト仕上げ	Low-Eペアガラス合わせガラス	ファンコイルユニット	A	1	1	2	2	1	1	1	1	1	0	2	0	13	45
							B	2	1	2	2	1	1	1	1	0	2	2	1	16		
							C	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	16		
89	大分県産業文化公園中心施設	大分県速見郡	2000年3月	RC造・S造	スチールカーテンウォール+フッ素加工	*	アルミ、FRP、木製ルーバー	A	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0	2	1	13	39
							B	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	10		
							C	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	16		
90	ソフトピアジャパン・ドリーム・コア	岐阜県大垣市	2000年3月	S造	スチール、アルミカーテンウォール	合わせガラス(飛散防止フィルム)	アルミパンチングルーバー(外)	A	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	0	14	45
							B	1	1	2	2	1	1	1	1	0	2	2	0	14		
							C	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	17		
91	東京大学弥生講堂	東京都文京区	2000年3月	木造一部S造	耐候性鋼カーテンウォール	耐火ガラス(飛散防止フィルム)	格子状吸音パネル	A	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	11	34
							B	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	2	1	10		
							C	1	1	1	1	2	1	1	2	0	1	1	1	13		
92	馬頭町広重美術館	栃木県那須郡	2000年3月	RC造一部S造	ガラスカーテンウォールリブガラス	*	杉ルーバー(透赤外線くん煙熱処理)(外)	A	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	17	47
							B	2	1	2	1	1	1	1	1	0	1	2	1	14		
							C	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	16		
93	花と緑の文化館	千葉県印西市	2000年3月	RC造・S造	アルミカーテンウォール	強化ガラス	FRPグレーティング	A	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	10	33
							B	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	11		
							C	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	12		
94	住友不動産飯田橋ファーストビル	東京都文京区	2000年5月	SRC造一部RC造	アルミ水平リブガラスカーテン	フロートガラス強化ガラス(マリオン)	空中庭園スクリーン(内)	A	2	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	18	48
							B	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	15		
							C	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	15		
95	なにわの海の時空間	大阪府大阪市	2000年5月	RC造・SRC造・S造	DPG工法	合わせガラス(パンチングメタル入り)	-	A	2	2	2	1	1	2	2	2	0	0	2	1	17	48
							B	2	2	2	2	1	1	2	1	0	0	2	1	16		
							C	1	2	2	2	2	2	1	1	0	1	1	1	15		
96	さいたま新都心駅・東西自由通路	埼玉県大宮市	2000年6月	S造	アルミカーテンウォール	*	ガレリア	A	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12	34
							B	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	10		
							C	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12		
97	那須歴史探訪館	栃木県那須郡	2000年6月	RC造・S造一部木造	アルミカーテンウォール漆喰塗り	*	わらスクリーン	A	2	1	1	2	1	1	1	1	0	2	2	1	15	39
							B	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	12		
							C	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12		
98	石の美術館	栃木県那須郡	2000年7月	組石造・S造	石材スチールカーテンウォール	*	石材ルーバー(外)	A	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	18	49
							B	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	15		
							C	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	16		
99	せんだいメディアテーク	宮城県仙台市	2000年8月	S造・RC造	MPG工法ガラスリブ工法ガラス工法	プロファイリットガラス二重突付張り	ダブルスキンルーバー	A	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	18	54
							B	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	17		
							C	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	19		
100	東京トヨペットカーテラス大森店	東京都大田区	2000年10月	S造	アルミカーテンウォール	強化ガラス温度変色ガラス	TMD(同調質量ダンパー)	A	0	1	1	0	0	1	1	1	0	2	1	1	9	34
							B	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	13		
							C	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	12		
101	W-HOUSE	東京都目黒区	2000年11月	RC造・薄肉ラーメン構造	版築土壁	*	-	A	2	1	1	0	1	1	1	1	0	2	0	2	12	36
							B	1	1	2	0	1	1	1	1	0	2	0	2	12		
							C	2	1	1	0	1	1	1	1	0	2	0	2	12		
102	公立はこだて未来大学	北海道函館市	2000年	PC造一部RC造・S造	アルミカーテンウォールMPG工法	ペアガラス	ファンコイルユニットルーバー(外)	A	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	10	38
							B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	14		
							C	1	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	14		
103	スイス通りの集合住宅	フランス・パリ	2000年	RC造	*	*	タンブールシャッター(外木製)折りたたみ戸	A	0	2	2	2	1	0	1	1	1	2	2	1	15	37
							B	1	1	2	1	1	0	0	1	1	2	1	1	12		
							C	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10		
104	カカシ米穀深谷工場オフィス棟	埼玉県深谷市	2001年2月	RC造一部S造	アルミカーテンウォール	複層ガラス透明フロートガラス	遮光幕(内)調室タワー	A	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	10	38
							B	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	15		
							C	1	1	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	13		

*仕様に関する具体的な記述なし

表2(b) 具体的事例評価表(続き)

	建築物	所在地	施工終了年	構造	種類(工法等)			評価者	評価因子(点数)													小計	合計
					カーテンウォール	ガラス	その他		環境適合性	デザイン軸			シェルター機能軸				環境軸						
										ファサード計画	表装デザイン	構法デザイン	安全性	耐震性	耐風性	耐火・防水性	空気流動性	断熱性	採光性	遮音性			
105	海/フィルター	山口県野田市	2001年3月	RC造・S造・木造	アルミ、ステンレスカーテンウォール	*	穴あきレンガ	A	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	40	
								B	2	1	2	0	1	1	1	1	0	1	1	1	12		
								C	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	13		
106	倉吉パークスクエア	鳥取県倉吉市	2001年3月	SRC造・RC造・一部S造・木造	アルミカーテンウォール 石器タイル	複層ガラス 合わせガラス	ガレリア	A	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	11	39	
								B	1	2	1	1	1	1	1	1	0	2	2	1	14		
								C	1	2	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	14		
107	産業技術総合研究所臨海副都心センター	東京都江東区	2001年3月	RC造	DPG工法 MPG工法	*	ダブルスキン 光触媒	A	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	18	57	
								B	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	19		
								C	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	20		
108	高崎駐車場	群馬県高崎市	2001年3月	S造	*	*	PCa、フロストガラス ルーバー	A	1	1	1	2	1	1	1	1	2	0	1	0	12	36	
								B	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	10		
								C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	14		
109	日本科学未来館	東京都江東区	2001年3月	S造 一部RC造	ガラスカーテンウォール	プロフィットガラス	-	A	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	2	0	13	40	
								B	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0	2	1	13		
								C	1	2	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	14		
110	大川センター	京都府相楽郡	2001年4月	S造・RC造	アルミカーテンウォール	フロートガラス (飛散防止フィルム)	ロールブラインド (内)	A	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	11	37	
								B	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	11		
								C	2	2	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	15		
111	ヴェニツシュー・メディアテーク	フランス・リヨン	2001年4月	S造・RC造	アルミカーテンウォール	二重ガラス (アルミバンテング メタル挟み)	ヴェネチアンブラインド (内)	A	1	1	2	2	2	0	1	1	0	2	2	2	16	41	
								B	0	2	2	1	1	0	0	1	1	2	2	2	14		
								C	2	1	1	1	2	0	0	1	0	1	1	1	11		
112	メノンエルメス	東京都中央区	2001年5月	SRC造・S造	カーテンウォール 乾式工法	ガラスブロック ペアガラス	-	A	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2	2	2	18	49	
								B	2	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14		
								C	2	2	2	1	2	1	1	1	0	2	2	1	17		
113	富ヶ谷集合の住宅	東京都渋谷区	2001年6月	RC造	コンクリート	プロフィットガラス 網入りガラス	木製ルーバー (外) 光触媒	A	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	2	1	17	47	
								B	1	2	2	1	1	1	1	1	0	2	1	1	14		
								C	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	16		
114	イーグレひめじ	兵庫県姫路市	2001年7月	RC造 一部S造・SRC造	アルミ、ステンレスカーテンウォール	*	化粧ルーバー (外)	A	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	11	37	
								B	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	13		
								C	2	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	13		
115	鶴岡タウンキャンパス	山形県鶴岡市	2001年7月	RC造	*	外周底強化ガラス	ダブルスキン 木製ルーバー	A	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	16	49	
								B	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	15		
								C	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	18		
116	明治生命高松ビル	香川県高松市	2001年7月	S造	フィッシュボートラス アルミカーテン	透明熱反射ガラス	垂直、水平ルーバー エアフロウウィンドウ	A	1	1	1	2	1	1	1	1	2	0	2	0	13	43	
								B	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	16		
								C	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	14		
117	LIGHT CAVE	東京都府中市	2001年8月	RC造	コンクリート	ガラスブロック	-	A	0	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	14	37	
								B	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	9		
								C	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	14		
118	新川電気中国支社	広島県広島市	2001年8月	SRC造・S造	アルミカーテンウォール	フロートガラス (飛散防止フィルム)	電動式外付けスクリーン	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	14	41	
								B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12		
								C	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	15		
119	愛宕グリーンギルズ	東京都港区	2001年10月	SRC造・S造	アルミカーテンウォール	倍強化高性能熱反射ガラス	屋上緑化ファンコイルユニット	A	0	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	14	39	
								B	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	12		
								C	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	13		
120	パシフィックセンチュリープレイス丸の内	東京都千代田区	2001年11月	SRC造・RC造・S造	アルミカーテンウォール	Low-Eガラス 合わせガラス	簡易エアフロウウィンドウ 自動調光	A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24	61	
								B	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	19		
								C	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	18		
121	一畑電鉄松江しんじ湖温泉駅	鳥取県松江市	2001年12月	S造	DPG工法 御影石張り	強化ガラス	-	A	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	11	34	
								B	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	10		
								C	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1	13		
122	ホギメディカル本社ビル	東京都港区	2002年1月	S造	ガラスリブ ガラス、アルミカーテンウォール	強化ガラス (飛散防止フィルム)	ダブルスキン 移動式ルーバー	A	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	17	53	
								B	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	17		
								C	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	19		
123	KAWARAMA CHI PLACE	京都府京都市	2002年3月	S造 一部SRC造	アルミカーテンウォール	*	屋上緑化	A	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	9	33	
								B	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	12		
								C	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	12		
124	糸満市庁舎	沖縄県糸満市	2002年3月	RC造・Pcaコンクリート造	*	*	太陽光発電パネル付ルーバー (外)	A	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	16	45	
								B	2	1	2	0	1	1	1	1	0	2	1	1	13		
								C	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	16		
125	青北町民ホール	熊本県青北町	2002年3月	木造 一部RC造	杉板南京下見張り アルミカーテン	*	-	A	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	11	36	
								B	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	2	1	12		
								C	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	13		
126	イルサ	東京都千代田区	2002年5月	RC造	アルミ、ガラスカーテンウォール	*	-	A	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	10	30	
								B	2	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9		
								C	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11		
127	泉ガーデン	東京都港区	2002年6月	SRC造・S造 一部RC造	ガラスリブ	熱線吸収倍強度 合わせガラス	ロールスクリーン エアフロファン	A	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	20	56	
								B	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	17		
								C	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	19		
128	ロンドン市庁舎	イギリス・ロンドン	2002年7月	RC造・S造	*	*	-	A	2	2	1	1	1	0	0	1	0	0	2	0	10	32	
								B	1	2	1	1	1	0	0	1	0	0	2	1	10		
								C	2	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	12		
129	国立国会図書館関西館	京都府精華町	2002年8月	SRC造・S造	アルミカーテンウォール	合わせガラス ルーバー入り 複層ガラス	ダブル・スキン 屋上緑化	A	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	16	50	
								B	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	16		
								C	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2				

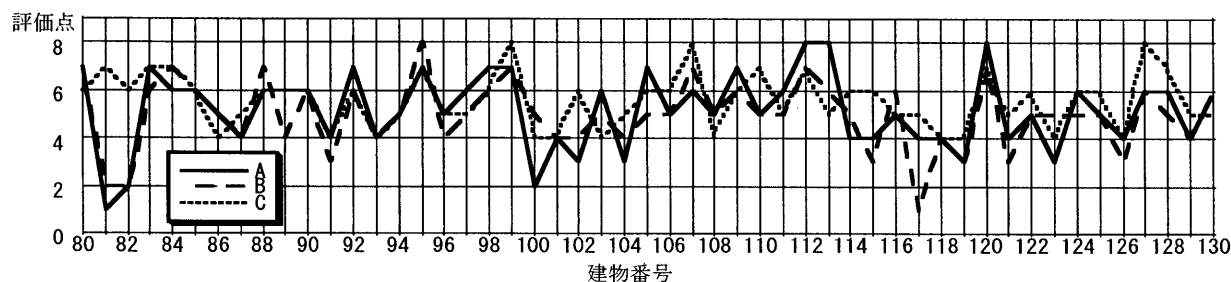


図5 建物別合計点数評価例(デザイン軸)

設定する。

3-1) ファサード内外の空気循環性を評価する「空気流動性」

3-2) 内外の熱移動を抑制する「断熱性」

3-3) 自然光を適切に利用する「採光性」

3-4) 外部音を遮断する性能としての「遮音性」

具体的な評価内容として、「空気流動性」では、空気流動、熱貫流、排熱に対する性能、コールドドラフト対策、ファンコイル空調、ペリメータレス空調(ダブルスキン、エアフローウィンドウ、エアバリアーウィンドウ)等の有無、「断熱性」では、熱伝導、熱負荷、熱伸びの考慮、外断熱、内断熱、熱遮蔽(ルーバー、オープンジョイント)機能の有無を評価する。「採光性」では、自然採光、自動調光システム(ルーバー、ブラインド、トップライト、ライトシェルフ採光)等の有無、「遮音性」では、部材振動の伝播性、振動減衰、開口部の有無等を評価する。

3. 過去の事例に関する分析および傾向

3.1 評価方法

「日経アーキテクチュア」1993～2004年に掲載されている建築物のうち、ファサードに関する記述のある152物件を抽出し¹⁵⁾、評価軸ごとの評価因子について分析して評価を行う。評価者として建築ファサードの実務経験者であるA(第1著者)、建築知識とともにファサードの知識を一通り有するB(第2著者)、一般的な建築知識のみ有するC(研究協力者・大塩)を選定し、各自が各建物における各評価軸/評価項目

ごとに0～2の点数を付け評価を行う。

点数の付け方の目安として、『デザイン軸』では、各因子について優を2点、良を1点、並を0点として評価する。

『シェルター機能軸』については、「安全性」では前述した機能に関する項目を2点～0点と同様に評価する。「耐震性」では、レベル2地震対応2点、レベル1地震対応1点、耐震設計無し0点を目安とする。「耐風性」では、レベル2暴風対応2点、レベル1暴風対応1点、耐風設計無し0点を目安とする。「耐火・防水性」では、レベル2の暴風に対応した防水および耐火性能に2点、レベル1相当1点、無し0点とす

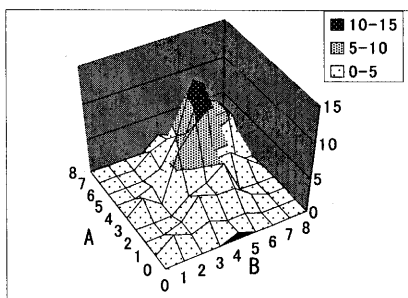
表3 調査結果間の相関係数

全体		シェルター機能軸	
A-B	0.51	A-B	0.54
B-C	0.63	B-C	0.60
C-A	0.44	C-A	0.23

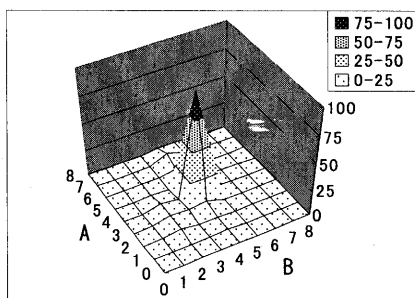
デザイン軸		環境軸	
A-B	0.55	A-B	0.57
B-C	0.44	B-C	0.61
C-A	0.37	C-A	0.59

評価軸間相関係数

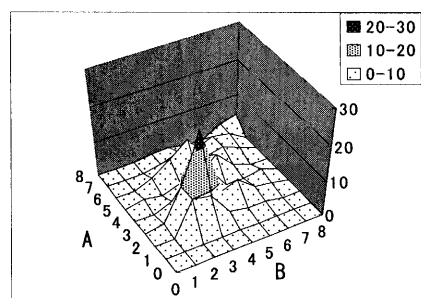
デザイン軸-シェルター軸	-0.005
シェルター軸-環境軸	0.048
環境軸-デザイン軸	0.168



デザイン軸 (A-B者間)

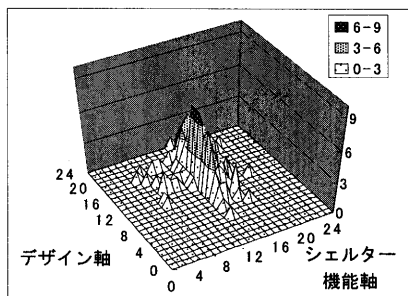


シェルター機能軸 (A-B者間)

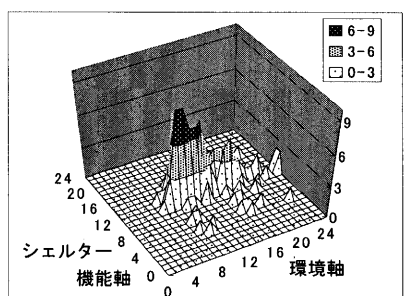


環境軸 (A-B者間)

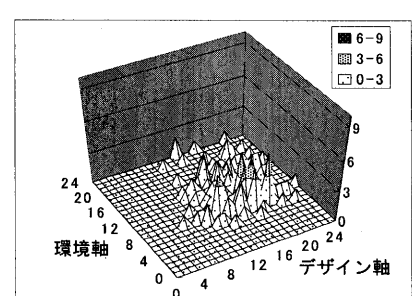
図6 各軸 (A-B間) 相関図



デザイン軸-シェルター機能軸関係



シェルター機能軸-環境軸関係



環境軸-デザイン軸関係

図7 各軸間 (3者合計) 相関図

る。『環境軸』に関し、「空気流動性」では、ペリメータゾーンのエアフローコントロール有りまたはダブルスキンを2点、ガラス+ルーバーを1点、対応無し0点、「断熱性」では、外ルーバー+ガラス、ダブルスキンガラス、復層ガラス、ガラスブロック、重量壁面等を2点、内ルーバー+ガラス、シングルガラス(北面)等を1点、シングルガラス(北面除く)、金属壁面等を0点とする。「採光性」では、全ガラス面(+ルーバーコントロール)を2点、ガラス以外の壁面材料+ガラスを1点、ガラス以外の壁面を0点、「遮音性」では、ダブルスキンガラス、重量壁面を2点、シングルガラス壁面を1点、常開開口部ありを0点とし、これらを目安に各人の判断を加えて各項目の点数を付ける。

各軸各項目に関し評価を行った結果をまとめた評価表の一部(建物番号80~130)を表2(a)(b)に示す。評価表には、建築物名、所在地、施工終了年、構造種、構法等、評価者別の合計点数の分布を示す。調査の前提により、同表中の情報は調査誌より得られた範囲に留めている。また、図5に同範囲のデザイン軸における建物別、評価者別の合計点数の分布を示す。個人差はあるものの、本例では評価者を通じて相关性のある評価が得られていることが分かる。

3.2 相関係数

表3に示す評価者間の相関係数を見ると、C-A者間の『シェルター機能軸』がやや低いが、その他は0.37~0.63間の値となっており、相応の相関性が見られる。また、A-B者間の各評価軸での相関図を図6に示す。この相関図からも明確な相関性があることが読み取れる。このことから、本評価方法は一定の信頼性があるものと考えられる。

一方、各評価軸間の相関係数を見ると、『環境軸』-『デザイン軸』関係がやや高くなっているものの、何れも0.2以下となっており、相関関係は殆ど見られない。また、図7に各評価軸間の相関図を示す。シェルター軸の分布範囲が他軸に比較しやや狭いが、いずれも各軸間に明確な相関関係は見られない。このことから、各評価軸は独立性が高いといえる。

3.3 高得点建物についての分析

各評価軸、各評価者による総合点数が50点を超えた建築は15件であった。以下に文献記述より得られた特徴を年代順に分析する。

(1) 日本長期信用銀行本店ビル (56点)

地上部を大きく開放したT字形の超高層オフィスの足元に正背面2箇所の約30m角のガラスボックスを設置し、エントランスホールおよびバンキングホールとして使用している。P. Riceによるラ・ビレットシステム⁴⁾の導入によるわが国最初の本格的なDPG構法の採用例となり、その後の透明建築に大きな影響を与えた。テンション支持架構をワイヤーから高張力ロッドに改良し、風洞実験、耐震性能実験も実施している。シングルガラスのボックスは北面に配置し、南面のボックスは内側を白濁ガラスとしたダブルスキンとし、熱負荷に対する配慮を行っている。

(2) 東京国際フォーラム (54点)

正方形平面を雁行させた会議棟に並列させてアーチ状のリブが連なり船底形の大屋根を形成する国内最大規模のガラスホール棟で構成されている。ガラスホール棟のガラス面は、テンション架構で支持されており、サッシュのディテールを工夫し、層間変形角60分の1に追従できる設計となっている。南面に壁面を持つ居室を配置し、構造全体の水平耐力を保持するとともに熱負荷の低減を図っている。

(3) さいたま文学館・桶川市民ホール (50点)

県と市の敷地の境界線に渡る建物を円形のガラスのファサードで覆うことで一体化し、リングに沿って回遊廊下を設けている。ガラスには、熱線反射複層ガラスを用い、その中間空気層に特殊なアルミルー

バーを装備し、熱貫流率 $2.5\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 以下、遮蔽率50%以上を達成している。また、ペリメータの床吹き出しシステムによって、空気流動性を高め、結露対策も行っており、デザイン性と環境性を両立させた事例となっている。

(4) DKメディアビル (50点)

建物南面を中心にレッドウッド集成材およびプレキャストコンクリートによる重厚な外ルーバーで覆っている。ルーバーにより日射を調整し、真夏の冷房負荷を約14%削減できるとしている。また、オフィス階の開口部は引き違いとし、ルーバーを介して外気を取り入れることを可能としている。

(5) 新潟市民芸術文化会館 (53点)

卵型平面を持つ建物の外周にガラス壁面が設置されており、コンサートホールを収める南側では、DPG構法を用い、外側合わせガラス、内側飛散防止フィルム付きガラスのダブルスキンを採用し高い透明性を達成している。2重ガラス間にはアルミパンチングメタルを用いた調光機能を持つ巻き上げ式オーニングを設け、下部にはヒーターを内蔵し、断熱性の向上や結露対策がなされている。

(6) オペーク (52点)

都心の目抜き通りに面する洋服店に新しいファサードを被覆することにより改装したものである。白い飛散防止フィルムを強化ガラスに貼付することによりスモークガラスを形成し、これとDPG工法を組み合わせたダブルスキンファサードにより、透明感のあるデザインと断熱性、遮音性等の機能を両立させている。

(7) QFRONT (54点)

駅前広場に面する南正面に超高輝度LEDをルーバーユニットに組み込んだダブルスキンファサードを設けた複合商業ビル。LEDの使用可能温度が最高 50°C のため、ダブルスキン内で、ファンを回して取り込んだ空気を最上階まで上げ、ガラス間の温度管理を行っている。ダブルスキンの内側には制振ブレースを配して建物の耐震性能を確保し、内部の無柱空間を実現している。

(8) せんだいメディアテーク (54点)

鋼管を筒状に編んだ不均一な柱、2重鋼板によるフラットスラブ、透明なガラスファサードの3つの要素で構成された構造上も特徴ある建物。南側のファサードは、MPG工法を採用し、ガラスを二重にすることによって、設計提案時の壁面の透明感の確保と環境負荷の低減の両立を図っている。水平方向に並列した四角形のラインが印刷された飛散防止フィルムを使用することにより、南面の直射日光を制御している。

(9) 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (57点)

複数の研究施設が同居する建物であり、設備を含む更新・メンテナンスを容易にするため、MPG工法を採用したダブルスキン内部に数々の配管や鉄骨をむき出しで配置している。冬はダブルスキン間に蓄熱し、夏季は排熱することで熱負荷を低減し、合わせて設備配管に対する近接する海岸からの塩害を避ける効果を図っている。

(10) パシフィックセンチュリープレイス丸の内 (61点)

外観の高い透明性を特徴とする超高層ビル。窓と窓の間のスパンドルには光ファイバーによる照明を設置し、ブラインドは角度を13段階に制御し、壁面模様を描くことを可能としている。外装は、Low-Eガラスとエアタイトブラインドによって簡易エアフロー方式を採用し、Low-Eガラスをペアで用いることにより、空気流動性、断熱性、騒音性を確保している。また、自然光を最大限に活用するために、窓際の屋内照明を抑える自動調光システムを採用している。超高層建物であるため、耐震設計、耐風設計ともに数百年レベルの再現期間荷重に対処

し行われている。

(11) ホギメディカル本社ビル (53 点)

ガラスを垂直部材と水平部材で支え、これらをデザインとして見せている。ダブルスキンとなっており、ガラスには強化ガラスを用い飛散防止フィルムが貼られている。ガラスの間には可動式のアルミルーバーが組み込まれて各部屋ごとに上下に移動し、直射日光や視線を遮ることができる。

(12) 泉ガーデン (56 点)

熱線吸収倍強化ガラスを採用し、緑色を基調とした超高層ビル。外装は、フロートの合わせガラスとしたリブを用い、サッシュレスとしている。ロールスクリーンによって日射制御をし、手摺を兼ねたエアフローファンによって簡易エアフローウィンドウを構成することにより、空気流動性を確保し熱負荷の制御を行っている。

(13) 国立国会図書館関西館 (50 点)

ノコギリ屋根を外観の特徴とする図書館。外壁のカーテンウォールはダブルスキン構造となっており、壁内に空気を循環させることにより空気流動性、断熱性、遮音性を確保している。

(14) ONE 表参道 (51 点)

並木と調和させながらファサードに鉛直に林立させた木製ルーバーが特徴的な商業地目抜き通りに面する建物。木製ルーバーは、日射遮蔽だけでなく構造と一体化し、外壁の一部としてカーテンウォールのマリオンの役割も兼ね添えている。木製ルーバーはアルミの芯材を有し、この部位で長期荷重を負担し、短期荷重に対しては木のルーバー部分が負担する設計となっている。

(15) 日本橋一丁目ビルディング／COREDO日本橋 (50 点)

下層部に挿入されたガラス張りの商業ゾーンの箱と、緩やかな曲面を描いて上へ伸びていくオフィス部分との対比が特徴的な高層ビル。下層の商業ゾーンではガラスのリブを縦に並べ、上層のオフィス部分では金属ルーバーを水平に並べファサードを支持させている。ガラスには断熱性に優れたLow-Eガラスを用いている。

3.4 評価の考察および分析

今回の調査の対象とした1993年～2005年は日本においてDPG工法やMPG工法等を用いたサッシュレスガラスによるファサードがヨーロッパから導入され、普及していった時期と重なっている¹⁶⁾¹⁷⁾。このことより、調査対象となった建物も透明建築と呼ばれるガラスの皮膜を伴うものが多く見られる。その一方で、2003年以降、多様な素材を駆使してファサードを構成する試みや、ファサードを主要な構造体として考えるような事例も現れ始めている。調査対象誌における意匠面の記述は建築単体のデザインに関するものが多いが、近年は周辺との景観適合性を意識した設計も増える傾向にある。

『シェルター機能軸』においては、評価対象がファサードの必要条件となっているため、評価点のばらつきは他軸に比べ小さなものとなっている。また超高層などの大規模な建築物ではより高いレベルの外乱に対し設計されているため、評価点と建物規模がある程度リンクする傾向が見られる。その一方で、小規模なデザイン重視の建物では、耐震性や耐風性が明確に評価できないものが見られた。先述したように、2003年以降ファサードを構造体として一体化する設計も出てきているが、制振機能やエネルギー吸収機能を一体化したものについてはまだ例が殆ど見られない。

『環境軸』においては、環境負荷や省エネルギーを考慮している建物と考慮していない建物で、点数の差が大きく見られる。初期の透明建築においては、日欧の気候が異なるにもかかわらずヨーロッパのデザ

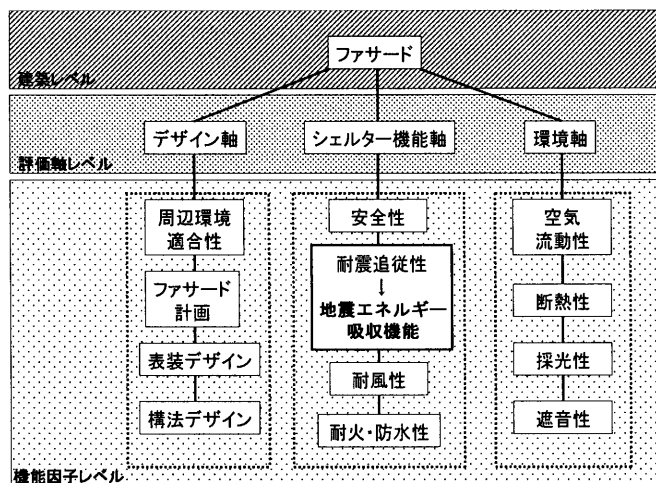


図8 エネルギー吸収機能を有するファサード機能の概念

インをそのまま踏襲し、その結果ガラス皮膜に生じる熱負荷を空調により強引に制御する手法、またはファサードを北面に配置することで夏季の熱負荷を回避する手法が一般的であった。しかし1990年代末より次第にわが国の気候風土を反映し、ダブルスキン、エアフローウィンドウやガラス間ルーバー、外付けルーバー等を駆使し、実効的な日射制御や断熱性を意図したファサードが多く見られるようになってきている。

高得点物件に関しては、何れもデザイン性と環境性を両立したのとなっており、結果的に複数の雑誌に掲載され、日本建築学会賞等の賞を受賞した話題性の高い建物が多く選択された。このことから、建物のデザイン評価におけるファサードの影響が大きいことが推察される。今回の評価ではシェルター機能に関する差がつきにくいいため、主に『デザイン軸』と『環境軸』により点数の差が形成されているが、シェルター軸の評価の差が地震、風などの設計荷重の再現期間に影響を受けることから、55点を超える物件は何れも大規模な高層物件となった。

4. エネルギー吸収機能を有するファサードの概念の提案

過去12年にわたるファサード建築の機能を分析し、提案した評価項目がある程度の安定性を持つこと、および3つの評価軸は互いに独立性が強いことが示された。以上より建築物のファサードは、異なる独立した機能が位置的には高度に集約した部位であると言えることができる。ところで、現代のファサードには主構造的な機能、即ち鉛直荷重支持機能や水平抵抗機能は期待されていないことが多い。19世紀以前の組積造建物においては、外壁が鉛直荷重支持機能および水平抵抗機能を具備していることが一般的であったが、カーテンウォールの概念の一般化に伴い、ファサードは構造的機能より開放され、軽快で様々な形態を持つ外壁を構成することが可能となり現在に至っている。前節で分析を行った過去1993～2004年に至るファサード建築の流れも、概ねこの延長線上に位置づけることができる。

その一方で、外壁面に構造要素を配置する方式に回帰し、ファサード部で鉛直荷重を支持、あるいは水平耐力を確保しようとする概念および事例も僅かながら現れ始めている¹⁸⁾。これらの試みは19世紀以前の閉鎖的なファサードへの回帰ではなく、新しい素材や技術の利用により、高い透明性や自由度を確保したままファサードを構造化する試みということができ、わが国においては、免震構造、制振構造を利用し地震時水平荷重の低減を図っている点に大きな特徴が見られる。

