

曲面ガラスを用いた建築の外観とガラス製造・加工技術

安田研究室 12_08530 田頭 宏造 (TAGASHIRA, Kozo)

1. 序 曲面ガラスは建築の外観に優雅で独特な表情を与えている。その背景には、ガラス製造・加工において一般的な技術やそれらの応用、または新開発の技術が存在し、多様な外観を作り出すことにつながっていると考えられる。そこで本研究では、ガラス製造・加工において特殊技術を使用した曲面ガラスを用いた建築¹⁾を対象に、ガラスパネル形状とパネル同士の配列方向から外観²⁾を分類し、ガラス製造・加工技術と併せて分析することで、建築の外観と技術の関係の一端を明らかにすることを目的とする。

2. パネル形状と配列方向からみた外観 外観をパネル形状と配列方向から分析した(表1)。パネル形状は二次曲面(9/15)と三次曲面(6/15)に大別でき、三次曲面は同一平面上にある辺数から二辺以下をねじれ曲面(3/6)、三辺以上をたわみ曲面(3/6)とした。また、ガラス同士の配列方向が曲線(12/15)と直線(3/15)とした。それらを併せて分析することで3つの外観タイプを得た。①②はパネル同士が曲線方向に配列されたものであり、①はパネル形状が二次曲面、②はねじれ曲面のものである。③はたわみ曲面のガラスが直線方向に配列されたものである。また、事例の所在地も併せて検討した(表2)。

3. 曲面ガラスの製造・加工技術 ガラス製造・加工業者へのヒアリング³⁾から得た情報や資料を基に、曲面ガラス製造・加工における工程と技術を整理した(図2)。ガラス形状に関わる主な工程はフロートガラスを製造するガラスパネル製造・加工とガラスを曲面にするガラス曲面形状加工であり、ガラス曲面形状加工はスチールで型枠を作成する型枠作成と型枠にガラスを設置し、加熱、除冷を行う曲げ加工である。また、二次加工を施す場合もみられる。まず、特殊技術について一般技術を高度に応用したものを用いたものを開発技術(8/21)、一般技術と異なる材料や道具、設備を使用したものを開発技術(13/21)に分類した(表3)。次に、各工程における技術のつながりに着目すると、ガラスパネル製造・加工から型枠作成では一般技術は複数に分岐し、特殊技術は一般技術に集中した。型枠作成から曲げ加工では一般技術は応用技術に集中した。また、全工程で応用技術、一般技術、応用技術とつながるものが多くみられた。なお、Cold Bending は型枠作成の工程を必要としない(図3)。

4. 外観とガラス製造・加工技術 横軸を工程、縦軸を技術の種類とすることで、外観と技術のつながりを分析した(図4)。まず、外観と技術のつながりに着目すると、①はガラスパネル製造・加工において開発技術(7/9)、曲げ加工においては応用技術が多くみられる(4/6)。つまり、融解加工の高性能ガラスが使用され、高度な熱管理技術で曲げ加工が行われる外観である。②は曲げ加工において開発技術が多くみられた(2/3)。型枠作成を必要としないCold Bending によるねじれ曲面加工や専用の機械による熱間曲げ加工により、大量生産された曲面ガラスを用いた外

表1 形状と配列からみた外観

パネル形状	配列方向	
	曲線	直線
二次曲面	①(9)	(0)
ねじれ曲面	(2)(3)	(0)
たわみ曲面	(0)	③(3)

表2 外観別の国内・外事例数

	①	②	③
	国内	(5)	(1)
国外	(4)	(2)	(1)

表1-3, 表2-4 表中の①の数字は対象資料15件、②は抽出した技術21個の該当数を示す。

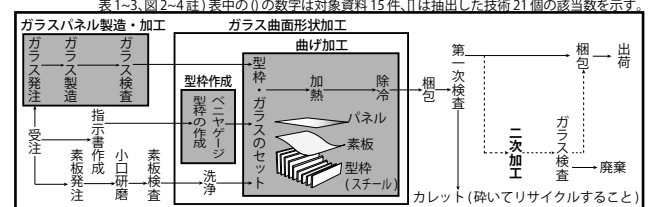


図2 ガラスの製造・加工工程

表3 加工における特殊技術の分類

工程	ガラス曲面形状加工			二次加工 II
	ガラスパネル製造・加工 P	型枠作成 M	曲げ加工 B	
① 形状加工 [2]	① 特殊な形状の型枠 [2] ② 複雑な形状の型枠 [2]	① 高度な熱管理技術 [2]	II [3] ① 複層加工 ② 合わせ加工 ③ プレストレス加工	
② 融解加工 [6] ③ 付加加工 [2]	① 金属以外の型枠 [1]	① Cold Bending 使用 [3] ② 機械による熱間曲げ [1]		

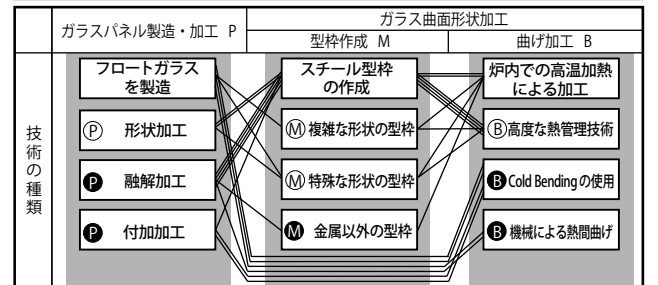


図3 技術のつながり

観である。③は型枠作成においては**応用技術**(3/3)と**二次加工**が多くみられる(2/3)。複雑な形状の型枠の他に、穴のあるループ状の型枠やエッジを尖らせた型枠といった特殊な形状の型枠がみられる。次に、技術から外観同士のつながりに着目すると、曲げ加工において**開発技術**がみられるものは①と②のみである。つまり、パネル同士を曲線方向に配列した外観は、大量のガラスを使用するため型枠を必要としない曲げ加工が用いられると窺える。型枠作成において**応用技術**がみられるものは②と③のみである。二次加工がみられるものは①と③のみである。また、事例の所在地に着目すると、曲げ加工において**開発技術**は**国外の事例のみ**使用することが多くみられる。このことから、今後日本への技術輸入の可能性があると窺える。また、型枠作成において**応用技術**は**国内の事例のみ**使用することが多くみられる(3/4)。

5. 結 以上、ガラス製造・加工において特殊技術を使用した曲面ガラスを用いた建築を対象に、外観と特殊技術を分類することで、技術同士、また外観と技術のつながりを考察した。三次曲面のガラスパネルが曲線方向に配列される外観では Cold Bending が、直線方向に配列される外観では特殊な形状の型枠が使用されること、さらに、二次曲面のガラスパネルを曲線方向に配列される外観には多様なガラスパネルが使用されるといった外観と技術の関係の一端を明らかにした。

註1) フォット法によるガラス生産が確立した1959年以降の曲面ガラスを外観に用いた建築作品のうち建築専門誌や企業などへのヒアリングを通して十分な情報が得られた15件を対象事例とする。今回資料とした建築専門誌は「新建築」、「DETAIL」、「a+u」、日本建築学会「ガラスの建築学」SD編集部「ガラス建築」、日本建築学会「ガラス建築」、「Anne-Line Roccati「The Fondation Louis Vuitton by Frank Gehry」、CONNAISSANCEDES arts FONDATION LOUISVUITTON」であり、ヒアリングを行った企業・団体・設計会社は新光硝子工業株式会社、日本電気硝子株式会社、sedak GmbH & Co. KG である。
 註2) 本研究ではガラス形状と配列方向を検討する際に用いる種立面を外観として扱う。
 註3) 一般的な曲面ガラスの製造・加工工程、特殊技術を使用した曲面ガラスを用いた建築の事例と特殊技術の詳細、由来、建築以外への用途、技術が開発された年代を質問内容とし、ヒアリングを行った。

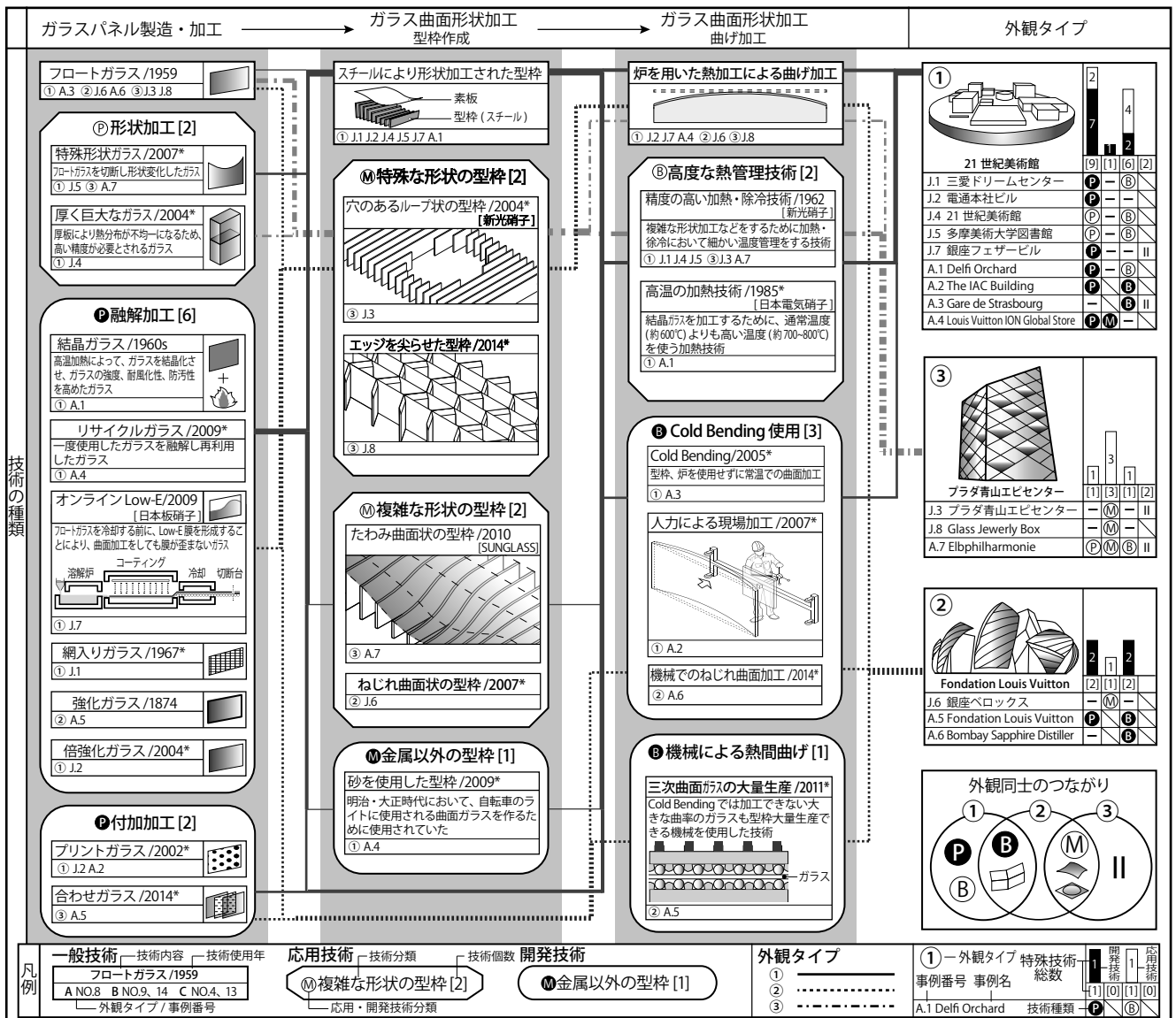


図4 技術と外観のつながり

図4 註1) 外観の記号は表1に準ずる。2)*は年代において正確な情報が得られなかったことを示し、その場合は建築作品の竣工年を記述している。