覆い構造体空間のイメージとその空間構成要因のCG実験調査

CG SURVEY OF IMAGERIES AND THE ELEMENTS ORGANIZATIONS OF COVERING ARCHITECTURAL STRUCTURES

神津康行 — *1 鈴木信宏 — *2

キーワード：
覆い構造体, 空間構成, CG モデル, イメージ構造, 空間秩序

Keywords:
Covering architectural structures, Elements organization, CG model, Imagery structure, Spatial order

Yasuyuki KOZU — *1 Nobuhiro SUZUKI — *2

We arranged imageries and elements organizations of covering architectural structures by observation of 5 typical spaces by means of book photographs. And we set several transformed CG models for each of the 5 spaces changing form and placement of covering structure, surface, and opening. We operated questionnaires to 29 architectural students showing the model photos. We clarified the imagery structures: relations between 4 representative spatial order imageries and form and placement of organization elements.

1 序

多くの建築作品の中で、ヴォーレン高等学校、聖ベネディクト教会など、これら実例においては、その特徴として様々な単位の構造体をあつて秩序をもって規則的に配置し、さらにそれらで内部空間全体を覆うことによって建築内部空間全体の魅力を強く演出しているように感じた。そこで本研究ではこのような構造体を「覆い構造体」と定義し、これらある秩序をもつて規則的に配置された内部空間覆い構造体に着目することにより、その魅力をもちたすイメージと要因を捉えることができるのではないかと考えた。

Wohlen High School

聖ベネディクト教会

レジャースタジオ

(1) 研究の視点及び目的と方法

覆い構造体空間を分析するにあたり、5代表実例を選定した。次に写真観察を主とした5実例のイメージと要因を予想し、素材と太陽光の動きを除外した要素に着目した。そして再度検討を行った結果、覆い構造体空間のイメージを左右すると思われる空間構成要素を視点として設定した(図1と表2)。

イメージとしては空間秩序イメージ・雰囲気イメージ・運動イメージ・

評価イメージに着目した。以上を視点に、変形モデルCGを作成し、アンケートを行い、目的(1)CG実験により5実例のイメージとその要因を空間要素とその要素構成によって捉えること。目的(2)写真観察を主とした5実例のイメージと要因の予想とCG実験によるイメージと空間構成要因の調査を比較することにより、CG実験調査の成果と課

図1 本研究で着目した3要素

題を捉えることを目的とした。実験では、素材と太陽光の動きを除外していることもあって、この報告では雰囲気と運動イメージは省略し、空間秩序イメージの構成要因についてだけの考察を報告する。

(2) 研究の位置付け

軸組み架構の類型化に関する北島たちの研究¹(1999)はあるが、軸組覆い構造体のイメージと要因の研究は、最近は見当たらない。鈴木・明田川の徳利屋の研究³(1991)が初期の研究であるが、そこでは被験者が実際の空間を訪れて、インタビューに答えたのに対し、この研究は要素限定のためにCG写真を見せて、アンケートをとった。また、CGアニメーションを手法とする明暗空間配置の研究としては伊知地たちの研究⁴(2001)があげられる。

2 研究手順

視点の設定の後、次の手順でこの研究を行った。

1. 研究対象の設定(表1参照) → 2. 写真観察を主とした5実例のイメージと要因の予想 → 3. 空間構成要因の設定 → 4. 変形モデルの設定 → 5. イメージの選定 → 6. 変形モデルごとのCG実験アンケート → 7. CG実験による覆い構造体空間のイメージ構造分析 → 8. 実例写真とCGによる方法の比較考察

(1) 研究対象の設定(表1参照)

(1) 覆い構造体が明確に見え、(2) 空間が魅力的で、(3) その形態や配置等の着目要素の偏りの少ないと考えた5実例を研究対象とした。

表1 対象実例一覧

実例No	名称	設計者	竣工	所在
No.1	アムステルダム株式会所	H.P. ベルター	1903年	アムステルダム、オランダ
No.2	ヴォーレン高等学校	サンティアゴ・カラトラバ	1968年	ヴォーレン、スイス
No.3	聖ベネディクト教会	ピーター・セント	1969年	スイス、スヴィッツ
No.4	レジャースタジオ	グループ・モナーク	1992年	フィンランド、エクスボ
No.5	スペイン広場のアルコイ市役所	サンティアゴ・カラトラバ	1995年	スペイン、アルコイ

(2) 写真観察を主とした5実例のイメージと要因の予想

実例写真観察、インタビュー、文献調査により、5実例のイメージと要因を予想した²。その際、素材と太陽光の動きも考慮し要因を制限せず、多視点から予想を行った。

*1 協丹青社 修士(工学)
(〒162-0825 新宿区神楽坂1-3)

*2 東京理科大学 教授・工博

*1 Tansei Company, M. Eng.

*2 Prof., Science University of Tokyo, Dr. Eng.

(3) 空間構成要因の設定

「 α . 覆い構造体」について「e. トラスを設置する」などの「 α -1. 形態」(a~h)、「i. 構造体同士のピッチが大」などの「 α -2. 配置」(i~m)、「 β . 壁・天井による内部空間」について「o. 木の葉形にする」などの「 β -1. 平面形態」(n~o)、「p. 切妻形にする」などの「 β -2. 断面形態」(p~q)、「 γ . 開口部」について「s. トップライト」などの「 γ -1. 配置」(r~t)、「v. 棟部分を残す」などの「 γ -2. 大きさ」(u~y)という空間構成要因を設定した(表2)。この際、「i. ピッチが大」などを基準として、覆い構造体空間基本要因を設定した(表3)。

表2 設定した空間構成要因()内は各空間構成要因を適用した変形モデルを示す

着目要素		覆い構造体空間のイメージを左右する空間構成要因	
α . 覆い構造体	α -1. 形態	a. 構造体の底面をボルト状にする	(変形モデル-01, 08, 19)
		b. 天井面に接する構造体をボルト状にする	(変形モデル-20)
		c. 天井面に接する構造体を切妻状にする	(変形モデル-02)
		d. 構造体の幅と高さを変化させる	(変形モデル-07, 18)
		e. トラスを設置する	(変形モデル-03)
		f. 素材の集合により水平境界面を保持	(変形モデル-09)
		g. 床面より柱を離したように見せる	(変形モデル-04)
		h. スパンを広げる	(変形モデル-07)
	α -2. 配置	i. 構造体同士のピッチが大	(変形モデル-01, 14)
		j. ピッチの小さい素材で一方方向の覆い構造体と90°で水平面を覆う	(変形モデル-15)
		k. ピッチの小さい素材で一方方向の覆い構造体と90°で全面を覆う	(変形モデル-16)
		l. 壁面より構造体を離す	(変形モデル-11)
		m. 棟を設置して扇状に構造体を広げる	(変形モデル-12)
		n. 正方形に近付ける(傾斜を広げる)	(変形モデル-07)
		o. 木の葉形にする	(変形モデル-12)
		p. 切妻形にする	(変形モデル-02)
β . 壁・天井による内部空間	β -1. 平面形態	q. ボール形にする	(変形モデル-09)
	β -2. 断面形態		
	γ -1. 配置	r. 壁・天井全面	(変形モデル-17)
	γ -1. 配置	s. トップライト	(変形モデル-05)
γ . 開口部	γ -1. 配置	t. ハイスайдライト	(変形モデル-06, 10, 13)
		u. 壁・天井全面	(変形モデル-17)
		v. 棟部分を残す	(変形モデル-05)
		w. 周囲壁	(変形モデル-13)
	γ -2. 大きさ	x. 壁両サイド全面	(変形モデル-10)
		y. 表面に小さな矩形	(変形モデル-06)

表3 覆い構造体基本構成要素及びその詳細

着目要素		覆い構造体基本構成要素		注
α. 覆い構造体	α-1. 形態	① 構造体の太さが中		5実例の中で大・中・小の3段階で定義した。そして太さが大きいものを「面」、部材の太さが小さい物を「線」と定義した。覆い構造体空間基本モデルの部材の太さは聖ベネディクト教会やレジヤースタジオのような太さが中程度のものを基本とした
	α-2. 配置	② 構造体同士のピッチが小		5実例の中で部材同士のピッチを空間の規模に対して大・小の2段階で定義した。覆い構造体空間基本モデルのピッチは対象実例でいうと聖ベネディクト教会、スペイン広場のようなピッチが小のものを基本とした
β. 壁・天井による内部空間	β-1. 平面形態	④ 矩形		
	β-2. 断面形態	⑤ 矩形		
γ. 開口部	γ-1. 配置	⑥ なし		
	γ-2. 大きさ	⑦ なし		

(4) 変形モデルの設定

設定した空間構成要因を順次、基本モデルに加えて各実例へと近づけていくことにより変形モデルを設定した(図6参照)。また比較のために覆い構造体空間基本モデルと覆い構造体を有さない直方体空間モデルを設定した。

(5) イメージの選定(表4)

写真観察を主とした5実例のイメージと要因の予想と既往研究から「連続感がある-不連続な」といった空間秩序イメージ17対、「柔らかなさを感じる-堅さを感じる」といった空間雰囲気イメージ9対、「歩き回りたい-じっとしていたい」といった運動イメージ2対、「好き-嫌い」といった評価イメージ5対の計33のイメージを選定した。

表4 選定した33イメージ

空間秩序イメージ																	雰囲気イメージ									運動イメージ		評価イメージ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
空間全体が連続感がある-不連続な																	連続感がある-不連続な									連続感がある-不連続な		連続感がある-不連続な				

図6 20変形モデル、覆い構造体空間基本モデル、覆い構造体を有さない直方体空間モデル

アムステルダム変形⇒

ヴォーレン変形⇒

聖ベネディクト変形⇒

レジヤースタジオ変形⇒

スペイン広場変形⇒

覆い構造体空間基本モデル

覆い構造体を有さない直方体空間モデル

(6) 変形モデルごとの CG 実験アンケート

アンケートの所用時間は1人あたり約1時間であり、各々に口答で研究内容を充分説明し、CGモデル写真を貼ったA3用紙16枚を配付することにより建築学科学生29人に対して行った。そして空間全体から感じるイメージを7段階で評価させた。

(7) 実例写真とCGによる方法の比較考察

3 CG 実験による覆い構造体空間のイメージ構造の分析

(1) イメージ因子軸の獲得

アンケート結果を因子分析した結果17対の空間秩序イメージを4つのイメージ因子軸に代表させることができた。

因子Ⅰ軸：開放⇄閉鎖

開放：「空間全体が広く感じる」「開放的な」「開放感がある」「外部への連続感がある」「覆われた感じが弱い」

閉鎖：「空間全体が狭く感じる」「閉鎖的な」「圧迫感がある」「外部への連続感がない」「覆われた感じが強い」

因子Ⅱ軸：リズム⇄単調

リズム：「奥行感のある」「方向性がある」「連続感がある」「リズム感がある」「立体感がある」

単調：「奥行感のない」「方向性が消失した」「不連続な」「リズム感がない」「平面的な」

因子Ⅲ軸：統一⇄差異

統一：「統一感がある」「秩序ある」「一様」

差異：「統一感がない」「無秩序な」「まばらな」

因子Ⅳ軸：包容⇄発散

包容：「水平性がない」「包容感がある」「求心性のある」「鉛直感がない」

発散：「水平性がある」「包容感がない」「求心性のない」「鉛直感がある」

(2) 因子得点による考察

それぞれの変形モデルにおける各イメージ因子の因子得点を求めた(表4参照)。そしてそれぞれの空間構成要因があるモデルに加えられたときの各因子の変動を求めた。さらにその結果と相関分析を参照しながら、各空間構成要因が空間に与える因子の強さを捉えた(表5参照)。

表5 各変形モデルのイメージ因子に対する因子得点

		因子Ⅰ軸	因子Ⅱ軸	因子Ⅲ軸	因子Ⅳ軸
		開放 ⇄ 閉鎖	リズム ⇄ 単調	統一 ⇄ 差異	包容 ⇄ 発散
直方体		-0.85 (－△)	-2.93 (－◎)	0.84 (＋△)	-0.57 (－△)
基本形		-0.48	0.43	1.76 (＋◎)	-1.54 (－◎)
アムステルダム 株式取引所	変形モデル01	-0.81 (－△)	-0.50 (－△)	-0.53 (－△)	1.03 (＋○)
	変形モデル02	-0.38	0.07	-0.32	0.30
	変形モデル03	0.71 (＋△)	-0.74 (－△)	-0.28	0.32
	変形モデル04	0.70 (＋△)	-0.83 (－△)	-0.27	0.42
	変形モデル05	1.46 (＋○)	-0.26	-0.88 (－△)	-0.03
	変形モデル06	1.17 (＋○)	0.61 (＋△)	-1.76 (－◎)	-0.09
ウォーレン高等学校	変形モデル07	0.52 (＋△)	-0.75 (－△)	1.13 (＋○)	-1.04 (－○)
	変形モデル08	-0.33	-0.02	0.49	1.59 (＋◎)
	変形モデル09	0.94 (＋△)	-0.36	0.66 (＋△)	1.57 (＋◎)
	変形モデル10	1.42 (＋○)	1.51 (＋◎)	-0.47	1.34 (＋○)
聖ベネディクト教会	変形モデル11	-0.73 (－△)	0.90 (＋△)	0.53 (＋△)	-1.11 (－○)
	変形モデル12	-0.44	0.34	0.21	1.03 (＋○)
	変形モデル13	1.12 (＋○)	0.23	0.65 (＋△)	0.26
レジャー・スタジオ	変形モデル14	-0.59 (－△)	-1.79 (－◎)	-1.94 (－◎)	-0.55 (－△)
	変形モデル15	-1.30 (－○)	0.77 (＋△)	-2.11 (－◎)	-1.13 (－○)
	変形モデル16	-0.81 (－△)	0.85 (＋△)	-0.13	-0.89 (－△)
	変形モデル17	1.82 (＋◎)	0.17	0.94 (＋△)	-1.04 (－○)
スペイン広場の アルコイ市民ホール	変形モデル18	-1.09 (－○)	0.56 (＋△)	0.58 (＋△)	-0.97 (－△)
	変形モデル19	-1.37 (－○)	0.98 (＋△)	0.46	1.49 (＋○)
	変形モデル20	-0.68 (－△)	0.73 (＋△)	0.42	1.30 (＋○)

因子得点 |Q5|≤|△|<|10|≤|○|<|15|≤|◎|

(3) 各事例ごとの魅力的空間演出に重要と思われる空間構成要因の考察
相関関係分析では「開放」「リズム」イメージ因子が特に「好き」といったポジティブな評価イメージ群と相関が高かった。また「包容」イメージ因子も高くはないがこれら評価イメージと相関があった。「統一・差異」イメージ因子は評価イメージと相関がなかった。この結果をもとに、「開放」「リズム」「包容」イメージ因子に着目してそれぞれの事例における魅力的空間演出に重要と思われる空間構成要因の考察を行った。

1) アムステルダム株式取引所

変形モデル-06の因子得点では強い開放とリズムの空間であった。開放は「e. トラスを設置する」ことにより強く空間に与えられていた。アムステルダム株式取引所の魅力を強く演出しているといえそうである。

変形モデル-06

また「a. 構造体の底面をボルト状にする」による開放と「c. 天井面に接する構造体を切妻状にする」による包容という異なるイメージ因子が構造体の形態を操作することにより一つの構造体の中に介在していると同時に、リズム因子を共有することによりリズムを強めていた。さらに開放とリズムは「s. トップライト + u. 棟部分を残す」により強められ、リズムは「t. ハイサイドライト + y. 妻面に小さな矩形の開口」により強められていた。

2) ヴォーレン高等学校

変形モデル-10の因子得点では「非常に強いリズム」、「強い開放」、「強い包容」の空間であった。このリズムは「a. 構造体の底面をボルト状にする(床面より曲率がゆるいアールの構造体)」と「t. ハイサイドライトにする + x. 壁両サイド全面」によるものであった。開放は「h. スパンを広げる」、「n. 正方形に近付ける(横幅を広げる)」、「f. 線材

変形モデル-10

表6 事例ごとの空間構成要因が空間に与えるイメージ因子の強さ

		因子Ⅰ軸	因子Ⅱ軸	因子Ⅲ軸	因子Ⅳ軸				
		開放	閉鎖	リズム	単調	統一	差異	包容	発散
直方体	直方体モデルに基本モデルの構造体に加わると			△			○	△	
アムステルダム株式取引所									
モデル01	a.構造体の底面をボルト状にする(上方のみボルト)		△	△				△	
モデル02	c.天井面に接する構造体を切妻状にする p.切妻形にする	△		△					△
モデル03	e.トラスを設置する	○			△				
モデル04	g.床面より柱を離したように見せる				△				
モデル05	a.トプライト+u.棟部分を残す	△		△			△		△
モデル06	t.ハイサイドライト+y.妻面に小さな矩形			△			△		
Wohlen High School									
モデル07	h.スパンを広げる n.正方形に近付ける(横幅を広げる)	○			○	△			
モデル08	a.構造体の底面をボルト状にする(床面より曲率がゆるいアールの構造体)		△	△				△	●
モデル09	f.線材の集合により水平境界面を保持 q.ボルト形にする	○			△				●
モデル10	t.ハイサイドライト+x.壁面サイド全面	△		○				○	
聖ベネディクト教会									
モデル11	l.壁面より構造体を離す				△			○	△
モデル12	m.柱を設置して隅状に構造体を広げる o.木の梁		△					△	●
モデル13	t.ハイサイドライトにする+w.壁全面	○				△			△
レジャースタジオ									
モデル14	i.構造体同士のピッチが大					●		●	△
モデル15	j.ピッチの小さい線材で一方向覆い構造体と90°で水平面を覆う		△	●					△
モデル16	k.ピッチの小さい線材で一方向覆い構造体と90°で全面を覆う	△				○			
モデル17	r.壁・天井全面+u.壁・天井全面	●			△				
スペイン広場アルコイ市民ホール									
モデル18	d.構造体の幅を縮、高さを画とする	△						○	△
モデル19	a.構造体の底面をボルト状にする(床面より曲率のきついボルト)			△					●
モデル20	b.天井面に接する構造体をボルト状にする	△							

△は普通、○は強い、◎は非常に強い

の集合により水平境界面を保持」、「t. ハイサイドライトにする + x. 壁両サイド全面」によるものであった。包容は「a. 構造体の底面をボールド状にする（床面より曲率がゆるいアールの構造体）」、「q. ボールド形にする」によるものであった。強い開放と包容因子が存在している例は他の4実例にはみられず、この空間の魅力の特徴といえる。

3) 聖ベネディクト教会

変形モデル-13の因子得点では開放が強い空間であった。この開放は「t. ハイサイドライトにする + w. 周囲壁」によるものであった。また因子得点ではリズム、包容は非常に弱かったが、リズムは「l. 壁面より構造体を離す」と「t. ハイサイドライトにする + w. 壁全面」によるものであり、包容は「l. 壁面より構造体を離す」、「m. 棟を設置して扇状に構造体を広げる」、「o. 木の葉形」によるものであった。その中でも非常に目立たない「l. 壁面より構造体を離す」という空間構成要因がリズムと包容を与えており魅力的空間演出のための重要な一要因といえる。

変形モデル-13

4) レジャースタジオ

変形モデル-17の因子得点では開放が非常に強い空間であった。開放は「k. ピッチの小さい線材で一方向覆い構造体と90°で全面を覆う」、「r. 壁・天井全面 + u. 壁・天井全面」によるものであった。中でも「k. ピッチの小さい線材で一方向覆い構造体と90°で全面を覆う」では線材で空間全体を覆っているにも関わらず開放を得ていた。

変形モデル-17

5) スペイン広場アルコイ市民ホール

変形モデル-20の因子得点では包容が強い空間であった。この包容は「a. 構造体の底面をボールド状にする（床面より曲率のきついボールド）」によるものであった。また因子得点では閉鎖を示していたが、「d. 構造体の幅を線、高さを面とする」、「b. 天井面に接する構造体をボールド状にする」によって閉鎖を弱めていた。

変形モデル-20

(4) 全体を通して

ボールド形状による包容／矩形の壁と天井による内部空間の中にボールド形態の覆い構造体を設置し、壁面との間に隙間を設けることによる開放／壁面より覆い構造体の柱部分を離すことによるリズム、包容／サッシュのような線材により小さなピッチで空間全体を覆うことによる開放／切妻形態による開放、リズム／線材の集合により一つの覆い構造体を形成（トラスなど）することによる開放／スパンを広げることによる開放／部分的にハイサイドライト、トップライトを設置することによるリズム／トップライトによる開放／全面ハイサイドライトによるリズム、開放／壁、天井全面開口による開放／といった空間構成要因とイメージが魅力的空間の要因になっていると思われる。

4 実例写真とCGによる方法の比較考察

写真観察を主とした5実例のイメージと要因の予想とCG実験によるイメージと空間構成要因の調査を比較することにより、CG実験の成果と課題を捉えた。(1) レジャースタジオの文献⁵による調査では、

「透明な壁面が生ずる反射光は、空とそして周囲の樹木と柔らかな関係性を取り結んでいる」、「移ろいゆく日光、木の葉のそよぐ様子、風のささやきを強く感じさる」、「人の活動は太陽から得る光と熱に応じて、四季の移ろうサイクルに沿うものとなる」と記されていた。一方CG実験では、太陽の時間的推移や反射光などを反映しておらず、これら太陽光の動きに関する要因およびイメージは捉えることができなかった。

(2) スペイン広場アルコイ市民ホールでは写真による分析では、構造体の立面にアールをつけることにより「強い柔らかさ」、「包容感」を与えていると予想した。一方CG実験では、「a. 構造体の底面をボールド状にする」により「リズム」、「非常に強い包容」を空間に与えていた。「4. 包容感がある」は包容因子の空間秩序イメージであり、「21. 柔らかさを感じる」は包容因子と相関の高い空間雰囲気イメージであった。(3) これにより写真による分析とCGによる分析が類似を示した。またCG実験では「リズム」といった因子も捉えることができた。以上のような考察を全ての実例に対し行った結果、全体を通して写真観察を主とした5実例のイメージと空間構成要因の予想とCGによる分析が類似しており、設定した範囲内でイメージとその要因を正確に把握することができ視点の有効性が確認できた。

5 まとめ

写真観察を主として5実例のイメージと要因を予想し、素材と太陽光の動きを除外して、覆い構造体空間のイメージを左右すると思われる空間構成要因を設定して、これらを視点とした(表2)。それによって22のCG変形モデルを設定し、アンケート実験を行った。それにより(1) 5実例における空間の魅力を強く演出しているイメージと空間構成要因を捉えることができた(3章)。(2) 写真観察を主とした5実例の空間秩序イメージと要因の予想とCG実験によるイメージと空間構成要因の関係を比較することにより、CG実験の視点(表2)の有効性の確認した。(3) 「素材イメージ・太陽光の動きによるイメージとその要因を未だ捉えていない」ことと「CGと実際の建築が与えるイメージの差を定量的に捉えていないこと」が課題として残る。これら、実際の空間体験に近付けるための手段を探ることが今後の課題であると考えられる。

注

1. 北島健太郎(法政大)・熊崎敦史・堀江亨・茶谷正洋: 柱・梁の配列からみた民家の軸組架構の類型化 ―日本の伝統的民家における架構形式の地域性に関する研究― その1―、E-1分冊 pp. 661、1999
2. 生沼玲・西本成志他2名: 屋根裏構造体の空間特徴とそれらのイメージの基礎調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001.9 予定
3. 鈴木信宏・明田川洋: 徳利屋いりりの間の空間構造と光、日本建築学会論文報告集、421号、1991.3、pp. 51-61
4. 伊知地雅博、鈴木信宏: 太陽光がつくる明暗建築空間の配置構成類型のイメージ構造のCG実験調査、日本建築学会技術報告集、第13号、2001.7
5. atu都市と建築NO. 287、p. 24、1994. 8

[2001年4月20日原稿受理 2001年7月27日採用決定]

レジャースタジオ

変形モデル-17

スペイン広場

変形モデル-20