

スペースシンタックス理論による図書館の空間分析と CG 評価 ラーニングcommonsに対応したサイン計画を事例として

○川角 典弘^{*1} 菅原 幹人^{*2}
東塾 一輝^{*2}

キーワード：空間分析 スペースシンタックス CG サイン計画

1. はじめに 研究概要

大学の附属図書館は従来の書籍の収蔵や閲覧のためのアーカイブとしての役割から、学生の学びをサポートし、自主的な活動を実践できる場所＝ラーニングcommonsへと変化しつつある。そこで、学生にとって過ごしやすい魅力ある施設空間を提供するため、学生ニーズの把握や既存空間での行動に合わせて改修する試みがなされており、本学和歌山大学においても、クロスカルチャー構想を掲げた図書館の改修計画が進んでいる。このような施設改修計画の策定は、図書館利用者へのアンケートや行動観察といった調査が事前に行われるが、施設整備後の利用者の動きや期待できる空間利用の改善成果を検証することは困難である。

本研究では、和歌山大学附属図書館をケーススタディとし、既報の図書館利用実態調査研究とあわせて、図書館棟第一期改修計画による改修前後の諸室のつながりや視覚的な空間認識の変化についてスペースシンタックス理論（以下 SS 理論）を用いて分析を行う。さらに利用者の動線変化を予測できる SS 理論の分析結果を元に大学図書館での円滑な人の流れを促進する館内サイン計画の立案とパノラマ CG を用いたシミュレーション実験を行い、SS 理論を用いたキャンパス施設の空間構成分析とサイン計画立案技法について述べる。

2. 図書館整備とラーニングcommonsへの対応動向

2.1. ラーニングcommonsの取り組み

ラーニングcommons (Learning Commons、以下 LC) はグループ学習や討論環境を整備、学生の自主的な学習を強化する試みである。LC には可動式の討論テーブル、ホワイトボード、電子書籍、プロジェクタ、インターネット接続等のサービスが提供され、すでに名古屋大、広島大、三重大等で LC 空間の整備が行われている。本研究では広島県図書館連絡協議会の加盟図書館 26 校へのアンケート調査^[1]を 2012 年 11 月に行い、LC 環境の導入と整備を進める担当者からの意見収集を行った。LC 導入目的に利用者の増加とグループ学習環境の向上を期待する一方、空間構成の分析や定量的な解析技法による整備後の評価については、分析技法に詳しくない、ツールを使いこなせないとの意見が目立った。また LC 整備後、

ほとんど機器が利用されない、学生の居場所として機能していない事例が関係者からのヒアリングで明らかとなった。(図 1、図 2)

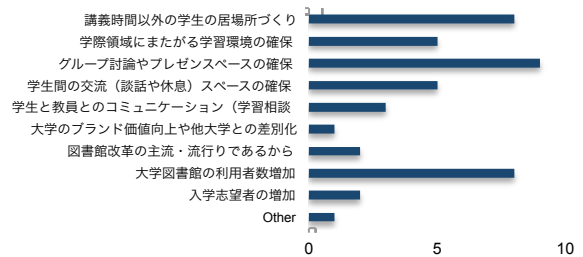


図 1 LC 整備の目的とねらい (回答数)

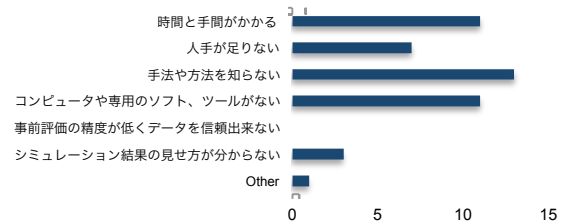


図 2 CG・分析技法導入の問題 (回答数)

2.2. 大学附属図書館クロスカルセンター構想

本学クロスカルセンター構想（以下、クロスカル図書館）は、図書館を全学的な学習や学生交流の中心的施設とし、学生・教員・スタッフといった人と物がクロスする場所を目指す LC 整備計画である。(図 3)

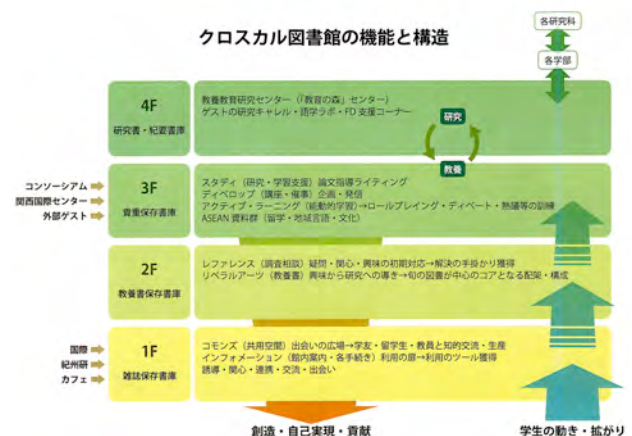


図 3 クロスカル図書館の機能と各階フロアの役割



図4 和歌山大学附属図書館ラーニングコモンズ

施設の機能や使い方はフロア毎に異なり、1階は私語厳禁の閲覧室スタイルから自由に討論できるワークスペース（図4）、2階はレファレンス中心、3階はグループ活動を含むアクティブラーニングを行う研究・学習支援、4階は大学院向けの専門研究へと上階ほど専門的・機能的な空間が配置される。多数の諸室で構成される図書館内の空間構成を定量的に分析し、学生が利用しやすい居場所を創り出すと同時にフロアやスペースへの適切な誘導と動線計画による人の流れを生み出す必要がある。本研究では、図書館の諸室の空間のつながりをSS理論にて分析を試みる。

3. SS理論による空間構成の分析技法

3.1. SS理論の概要と特徴

SS理論は、1980年代にBill Hillierらが提唱した都市空間の解析手法と理論^{[2][3]}である。都市の全体構造を個々の空間のつながり関係から説明する数量的解析手法で、その応用範囲は多数の居室を有する住宅や公共建築物の内部空間、公園や庭園、駅や再開発地域等の公共空間、都市と街路のネットワーク構造の分析など多岐にわたる。SS理論の特徴を以下に整理する。

- 空間構成から人の行動を分析・考察、建築計画に利用
- グラフ理論で対象空間の位相幾何学的特性を指標化
- 原則、図面（平面図）から可能な基本的分析
- 解析結果を指標とし、空間つながりや視線の見え方を基準として比較分析

これらの分析を行う解析ツールDepth MapはオープンソフトウェアとしてUCL（ロンドン大学）都市研究グループから提供されており、Axial Analysis、Convex Analysis、Isovist^[4]によるVisibility Graph Analysisによる空間解析が可能である。本研究では諸室のつながりと空間の視覚的広がりを検証できるConvex AnalysisとVisibility Graph Analysisを分析手法として用いている。

3.2. Convex Space Analysis：空間のつながり

Convex Analysisは主に建築内部空間の境界が明確な対象に利用される空間のつながりを位相幾何学的に分析する手法である。分析方法は、対象空間をConvex Space（凸図）に分割、それらを頂点とするグラフに変換し分析する。Convex Spaceはすべての角が180度以下のポリゴン

条件とし、これを平面図上の壁や柱、段差などを境界としてその境界内に描くことができる最も大きなConvex Spaceから順に描いていく。室内空間を対象にした場合、諸室のつながりや構成を数量化して考察が可能である。

3.3. Visibility Graph Analysis：“見え”

Visibility Graph Analysisは空間の“見え＝視界”に関する分析手法である。平面図上の任意の地点から視認可能な視覚領域をイソビスタ（Isovist）としてマップ化することで、視線の抜けや見え方が場所毎にどのように変化するかをビジュアルに比較できる。

4. SS理論による附属図書館の空間分析

附属図書館のLC整備計画について、改修前（2009年）と改修後（2012年）のそれぞれの空間構成についてDepth Mapを用いて分析、改修前と後で図書館空間の構成や特徴を比較できるように分析指標や数値データを整理する。

分析指標化はConvex Analysisでは、隣接関係（Unjustified Graph）、位相距離（Integration値）、Visibility Graph Analysisでは、視覚領域（Isovist）による評価（Connectivity）とした。さらに先行研究の調査結果を踏まえて図書館の座席選択と空間の物理特性の関係性について考察する。なお、紙面の都合上、分析結果は主要なLCとなる1階のみを示す。

4.1. 附属図書館1階改修前の空間構成分析

Convex Space Analysisでの隣接関係（図5）、諸室の並び替え（図6）、位相距離（図7）、Visibility Graph Analysisによる見えの領域（図8）を示す。Integration値が高い空間は赤で描画され、位相幾何学的に中心性が高く人通りが多い活発な空間であることを意味し、LCは諸室への

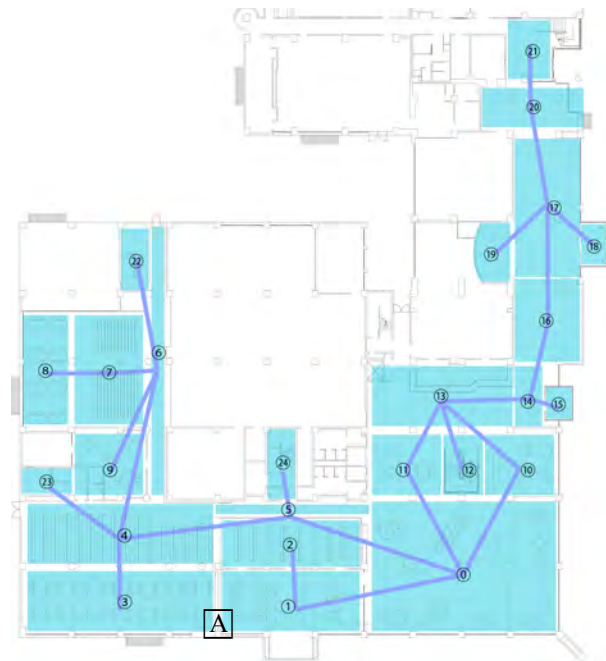


図5 改修前1F空間のUnjustified Graph

接続度が高く、しかも視線が抜けやすい特徴が明らかとなった。なお、図6の丸数字は図5で示した部屋番号と対応している。

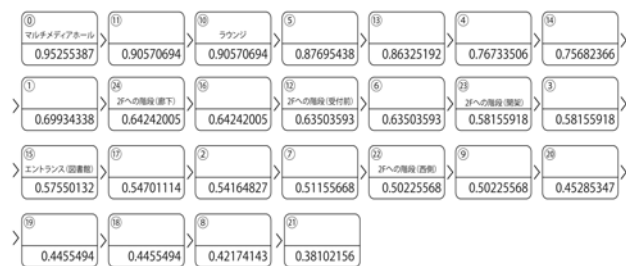


図6 Integration 値による諸室の並び替え



図7 改修前 1F 空間の Integration 値

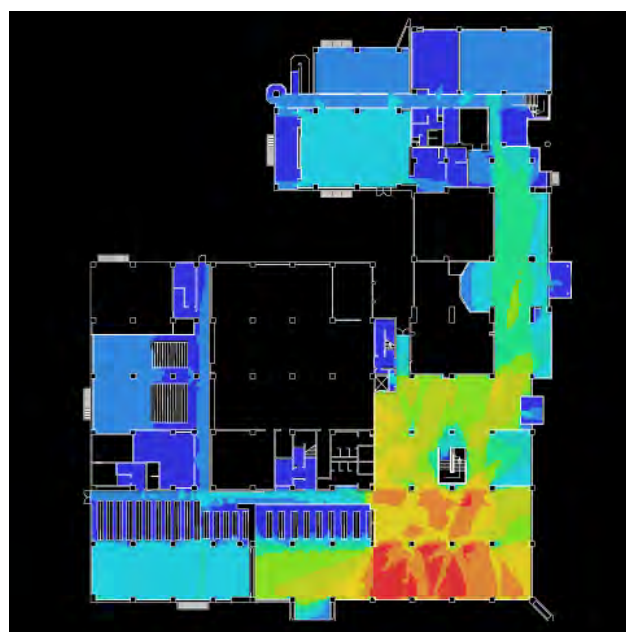


図8 改修前 1F 空間の“見え”に関する分析結果

4.2. 附属図書館 1 階改修後の空間構成分析

改修計画のうち、LC の視覚的広がりをも高めるため、不要な間仕切り壁の撤去と学生の居場所としてカフェテリアの増設を行っている。(図9) 改修後の図書館内部の空間構成について前章と同様の隣接関係、位相関係、見えの分析マップを図10～図13に示す。

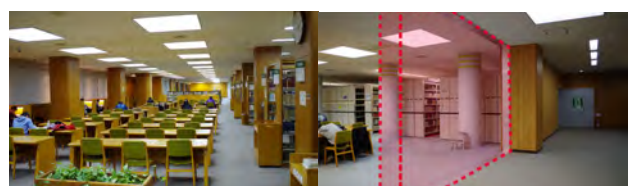
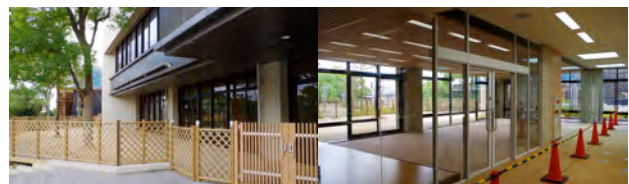


図9 壁(図5のA)の撤去とカフェテリア(図10の⑨)

図10中の⑪は分割されていた学習スペースをひとまとまりに統合したことで、図書館奥にあってこれまで利用率が低かった諸室への隣接度が向上し、さらにマルチメディアホールからの見え(視界)が広がったことで利用者をさらに奥へと誘導しやすくなっている。図書館内部空間全体での Integration 値の平均値も向上し、図書館全体のオープンスペースの増加が実現できたことが検証された。(表1、表2)

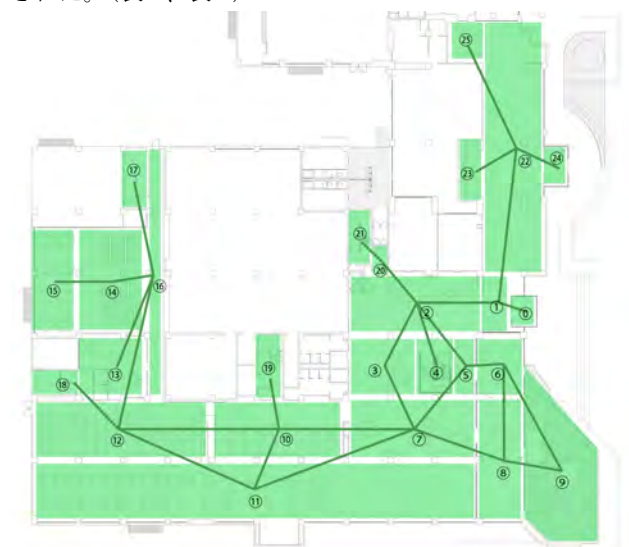


図10 改修後 1F 空間の Unjustified Graph

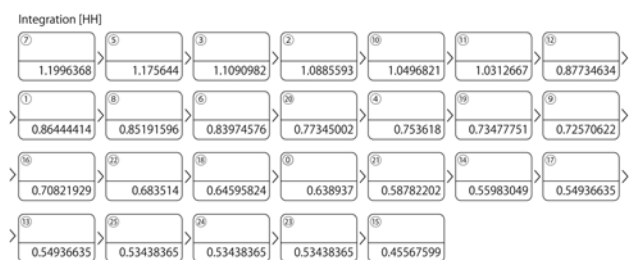


図11 Integration 値による諸室の並び替え



図 12 改修後 1F 空間の Integration 値



図 13 改修後 1F 空間の“見え”に関する分析結果

5. サイン計画の検討と評価

分析結果からあまり活用されていない諸室へ利用者を誘導し、図書館内部に人の流れを形成するサイン計画の検討を行う。まず現状のサイン設置箇所を調査、その場所を視界の広がりを示す Visibility Graph Analysis のマップ（以下、VGA マップ）に記入した。（図 14）さらに横軸に Integration 値、縦軸に Isovist を表す Connectivity 値を取ったグラフにプロットして既存サインの問題を明らかにする。（図 15）

表 1 : Convex Analysis（つながり関係）の改修前後比較

Convex Analysis	Pre 1F	Post 1F	Change of Pre-Post
Integration(H-H) Max.	0.95255387	1.1996368	+ 0.24708 + 25.94%
Integration(H-H) Avg.	0.63090602	0.771412759	+ 0.14050 + 22.27%
Integration(H-H) Min.	0.38102156	0.45567599	+ 0.07465 + 19.59%

	Pre 2F	Post 2F	Change of Pre-Post
Integration(H-H) Max.	1.6981779	1.6828449	- 0.01533 - 0.90%
Integration(H-H) Avg.	0.926275738	0.946996826	+ 0.02072 + 2.24%
Integration(H-H) Min.	0.60878074	0.58899575	- 0.01978 - 3.25%

	Pre 3F	Post 3F	Change of Pre-Post
Integration(H-H) Max.	1.9585886	1.3641374	- 0.59445 - 30.35%
Integration(H-H) Avg.	0.954710158	0.880166609	- 0.074543 - 7.81%
Integration(H-H) Min.	0.55959678	0.48075327	- 0.078843 - 14.09%

表 2 VGA（見え）による改修前後の比較

Visibility Graph Analysis	Pre 1F	Post 1F	Change Pre-Post
Isovist Area Max.	607.56042	923.39069	+ 315.830 + 51.98%
Isovist Area Avg.	213.4633584	340.4394279	+ 126.976 + 59.48%
Isovist Area Min.	1.0548755	0.26238635	- 0.792 - 75.13%
Visual Integration(H-H) Avg.	4.641320411	6.373301185	+ 1.731 + 37.32%

	Pre 2F	Post 2F	Change Pre-Post
Isovist Area Max.	437.99722	601.76642	+ 163.769 + 37.39%
Isovist Area Avg.	166.6329583	244.5526295	+ 77.919 + 46.76%
Isovist Area Min.	0.059546834	0.12294709	+ 0.0634 + 106.47%
Visual Integration(H-H) Avg.	5.407693994	6.979230299	+ 1.571 + 29.06%

	Pre 3F	Post 3F	Change Pre-Post
Isovist Area Max.	185.18947	457.44614	+ 272.256 + 147.02%
Isovist Area Avg.	71.48198163	182.8391928	+ 111.357 + 155.78%
Isovist Area Min.	3.1447444	2.7681029	- 0.376 - 11.98%
Visual Integration(H-H) Avg.	4.034455322	4.250882714	+ 0.216 + 5.36%

図書館の改修前（Pre）と改修後（Post）での変化率の比較

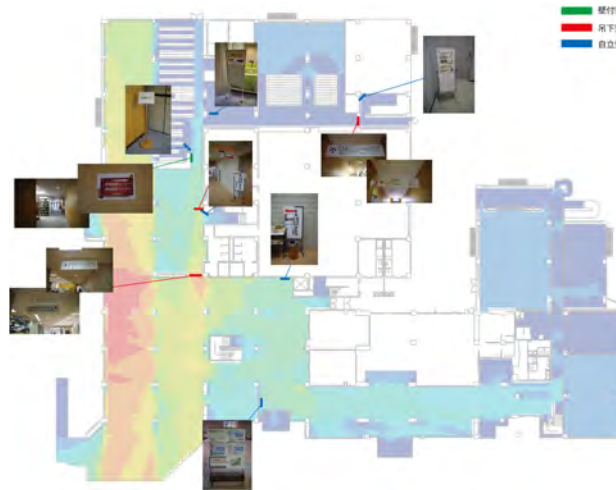


図 14 1F 空間における現状サインの分布と VGA マップ

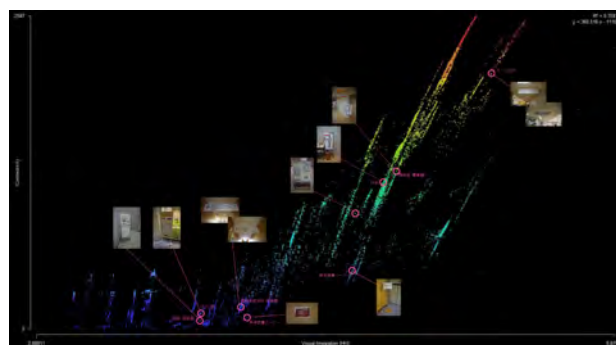


図 15 1F 空間の現状サインと Integration-Isovist 散布図

図15の散布図の右側ほどIntegration値が高い人通りの多い活動的な場所、散布図の上側ほどConnectivityが高い人の視線が通りやすい場所、つまり見つけやすい場所となる。現状サインは活動の中心的な場所からずれている、またサイン自体も見つけにくく、かつサイン設置箇所からの視界も狭いなど案内・誘導サインの役割が不十分と考えられる。そこで、散布図からサイン設置箇所がIntegration値、Connectivity値の両方が高いグラフの右上に位置することが望ましいと考え、Integration値とConnectivity値の上位70%~100%となる箇所を抽出し、新規にサイン設置場所の抽出を行った。設置するサインは誘目性が必要な位置サインは、Connectivity値の高い場所、誘導サインは諸室への結節点となるIntegration値が高い場所、施設全体を俯瞰する案内サインは、Connectivity値とIntegration値の両方が高い場所に設置する提案とした。(図16)



図16 1Fにおけるサイン設置の推奨箇所

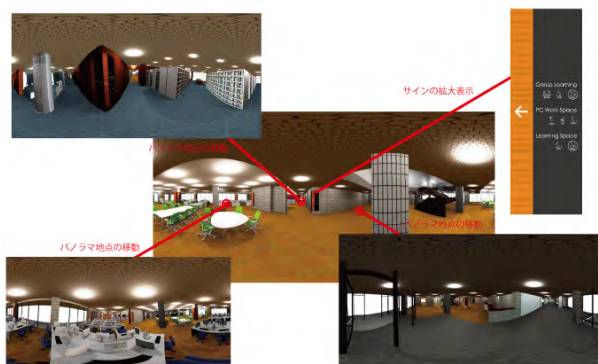


図17 サイン計画案と検証用パノラマコンテンツ概要

最後にサインの設置箇所とフロア毎のゾーニングをカラーとピクトグラムで示すサイン計画案を評価するためにフォトリアルなパノラマCG画像による検証コンテンツを作成した。(図17)制作にはレンダリングに3DS Max、パノラマコンテンツ作成にPano2VRを使用した。検証実験は被験者13名(学生)とし、図書館内部の周囲を見回し可能な仮想空間(パノラマ表示)コンテンツ上で疑似歩行体験してもらい、実験後のアンケートで現状サインと新設サインの発見度=サインを見つけ、次の場

所へと経路誘導できたかどうかを検証した。実験結果の一部として、被験者の多くがこれまでほとんど利用されていない(認知されていない)施設奥の階段(図中記号D、E)の存在を確認でき、上階へと誘導が可能であることが確認され、新設サインの見つけやすさとそれを手がかりとした案内が有効との結果を得た。(図18)

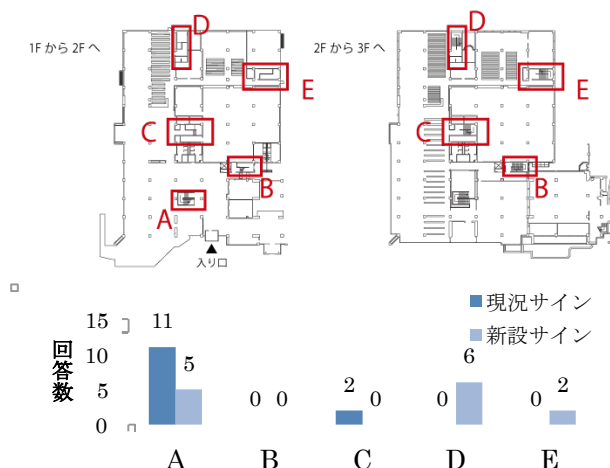


図18 サイン設置前後の1階→2階への案内の発見度

6. まとめ

本研究では、空間構成と視線(見え)を定量的に分析できるSS理論により図書館空間の改修前後の比較から視認性と誘導性の高いポイントを抽出すること、その結果に基づきLCの利用促進とゾーニングを行うためのサイン設置場所の検討と仮想空間(パノラマ体験型)モデルによるサイン評価シミュレーション手法について述べてきた。大学施設でのLC導入が広がるにつれ、定量的な空間構成の分析手法とデジタルメディアによる行動シミュレーション評価を組み合わせた手法を確立して行く必要があると考えている。本研究はH25年度科研費研究「デジタルメディアによる討論履歴管理とワークショップ支援システムの開発」(課題番号:25350012)の一部助成を受けている。

【参考文献】

- [1] 松榮将也 (2012), スペースシンタックス理論による大学図書館の空間分析と動線計画に関する研究, 和歌山大学大学院システム工学研究科 修士論文
- [2] 日本建築学会編, (2012), 改訂版 建築・都市計画のための調査分析方法, 朝倉書店
- [3] Bill Hillier, Julianne Hanson. (1984) Social Logic of Space Cambridge University Press
- [4] M L Benedikt. (1978) To take hold of space: isovists and isovist fields, Environment and Planning B 6(1) 47-65

*1 和歌山大学デザイン情報学科 講師 工修

*2 和歌山大学システム工学部 学部生

A Study on Library Spatial Analysis and CG Simulation with Space Syntax Theory

Case of Sign Planning for Learning Commons Improvement

○Norihiro KAWASUMI*¹ Mikito SUGAHARA*²
Kazuki HIGASHINO*²

Keywords : Space Analysis, Space Syntax, CG, Sign Planning

Background and Abstract

Recent years, the new type of student's learning facilities are developed in university's library. They are called Learning Commons to be enhanced student's active learning based on group working. In order to realize the efficient Learning Commons as the student's workspace in university's library, it is necessary to well-consider the use and arrangement of the fundamental facilities and student's movements.

In this paper, I focused on the numerical and logical analysis method, Space Syntax Theory that are developed for urban planning and tried to apply it to investigate the library's facility improvement. Then I proposed the graphical sign system in library to support user's movement and simulated it using with the interior panoramic viewing tools.

Methods and Analysis

I selected the Wakayama University's Library as one of the practical case study to improve the Learning Commons Workspace. First, I analyzed the each Library's floor arrangements and scenic view-points with the Depth Map tool that is used as open-source software. The Depth Map has the several functions to evaluate the space configuration, Convex Space and Visibility Graph Analysis that are able to analyze the mutual connections and hierarchical relationship of interior spaces and spread viewing of every point on floors. The results of analysis are shown as the graphical floor maps. Second, I evaluated these graphical maps and was able to select the optimized locations that should be set up the additional signboard and floor guide map. Then I created the several photo-realistic virtual interior space models with 3D CG tools and construct them as web-based interactive contents to simulate the student's movement in Learning Commons Area.

Conclusion

Finally, I was able to propose the practical procedures of the logical and objective analysis based on Space Syntax Theory to achieve the student's learning environment and interactive evaluations of integrated sign system. In this case, I picked up the only one case, Wakayama University's library, but also aim to investigate the other library and Learning Commons facilities in future.

* 1 Lecturer, Department of Design and Information Science, Wakayama University, M.Eng.

* 2 Undergraduate, Department of Design and Information Science, Wakayama University