

ヒストリーベースによるデザインプロセスの可視化 グラフDBによる討論プロセスの評価指標の提案

○川角 典弘^{*1} 中尾 俊祐^{*2}
稲田 優史^{*3} 長井 亮太^{*2}

キーワード：討論評価 協同作業 可視化 グラフデータベース

1. 研究背景と目的

デザイン初期段階での設計活動は、設計チーム内でのグループディスカッションや協同作業を通じて、アイデアの提案や評価が繰り返し行われ、段階的に解決案が模索されるプロセスと考えられる。デザイン検討プロセスでは、メモ、エスキース、図面、写真、CGによる画像イメージなど様々な表現が用いられるとともに、これらの提案素材（設計リソースと定義する）を参照、発展させたり、いくつかの設計リソースを組み合わせるなど、設計リソースの関係づけや取捨選択による評価がなされていく。最終的なデザイン案の意図や機能を理解する上で、これらのデザイン検討と討論プロセスを参照することは有意義と考えられる。本研究では、設計アーカイブとしてこれらの設計リソースを収集し、設計チーム内で共有する Web データベースと収集された設計リソースの関係を構造化し、俯瞰できるグラフデータベースを用いることで、ヒストリーベースによるデザインプロセスの分析・可視化を行うデザイン討論環境・技法の開発を行うことを目的とする。

2. 先行研究からの位置づけ

本研究の位置づけを先行研究と比較して明らかにする。グループ内での討論活性化を目的とした画像への書き込みツールとして、非同期討論ツール DesIBo 開発の大西らの研究^[1]など情報共有や整理、ネットワークを介した協調作業の支援を目的としたものがある。一方、グラフ理論を利用した実務設計におけるデザイン過程の分析を行った村井らの研究^[2]、エスキースと発話をもとに思考の連鎖をタイムラインで図解・分析した和田らの研究^[3]などや Parraguez の研究^[4]では Networked Process (NPr)フレームワークを提案、個別行為、相互依存した状況への対応、全体俯瞰の3つの視点から設計プロセスと活動の定量的評価を試みている。本研究では、これの先行事例に基づき、デザイン初期段階での試行錯誤的なアイデアの創出と提案の行為を記録するアーカイブとさらに設計プロジェクトの終了後にグラフデータベースによってこれらの設計活動の構造を視覚化することで、設計活動の成果を評価できる指標の提案を試みる。

3. 設計リソースの種類とプロセスのモデル化

システム構築にあたり、アーカイブとして扱うべき設計リソースのカテゴリと討論過程の展開パターンのモデル化を行うため、教員と学生チーム6名で取り組んだ設計コンペの作業記録を取り、設計終了後に提案されたエスキースや画像を時系列で整理、参照・引用状況をワークフロー図にして整理を行った。(Fig. 1) メンバー毎に色分けしたフロー図から個人の提案作業の頻度と初期段階での写真やスケッチによるアイデア構想、ついでより詳細なエスキースやCGスタディへとつながり、段階的に表現が変化していることがわかる。これらの行為フローは単純な線形やツリーの階層構造ではなく、設計リソースがグループとしてまとまりをもち、相互参照されるセミラティス構造を持つと考えられる。また設計リソースの展開パターンは、生成や発展に加え、チーム内で共有されることで、他メンバーの提示した複数のリソースを結合や分散（分割）させることが確認でき、そのパターンを整理した。(Fig. 2) 以上から、個々の設計リソース群は参照・被参照の包含関係を持ちながら、簡便な表現から詳細へと変化する、時系列で展開するリレーショナルな構造と仮定した。

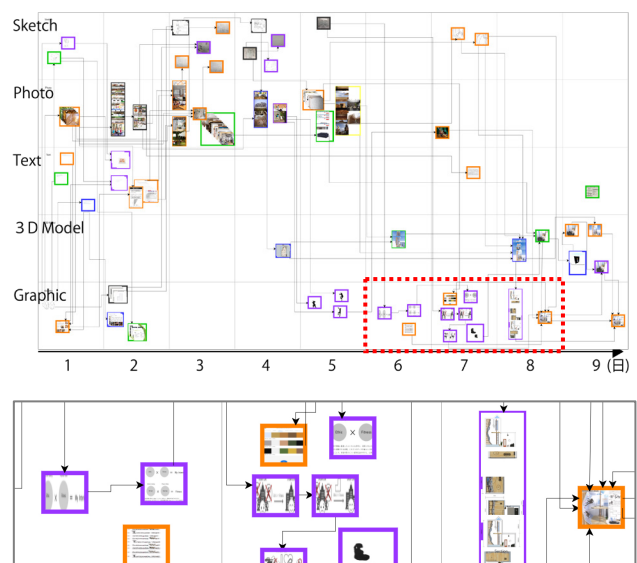


Fig. 1 カテゴリ及び時系列で展開過程を整理したワークフロー図（上）と一部の拡大図（下）

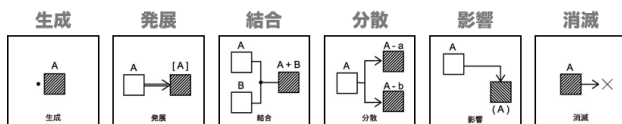


Fig. 2 設計リソースの展開パターン

4. 討論履歴と設計リソース収集ツールの構築

設計プロジェクトの分析から、設計リソースとしてテキスト、画像、図面などのデータがプロセスの進捗とともにチーム内で共有され逐次的に展開されるとともに、設計リソースは、チームメンバー、日付、提案の関連性（つながり）、複数の設計リソースをまとめたグループと関連して段階的に構造化されていくと考え、これらの設計リソースを収集・保存し、チーム内で共有する設計リソースアーカイブの再検討を行った。既報^[5]のシステム環境では、設計リソースの保存を各ユーザーが行った後、設計リソースをまとめたプロポーザルとして編集、他のユーザーに提案する構成としていた。(Fig. 3)

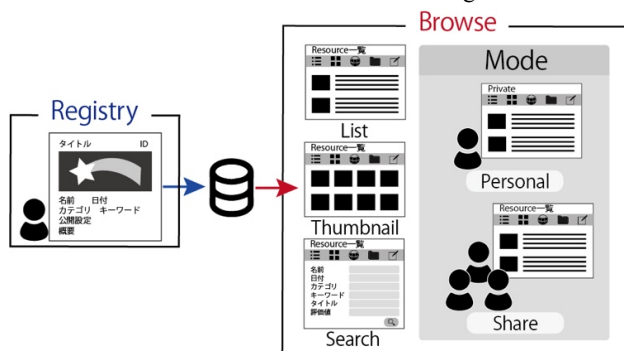


Fig. 3 従来の設計リソースアーカイブ概念図

機能を見直した設計リソースアーカイブでは、これらの機能に加えて、提案リソースを参照し、自分のアイデアとして引用したことを関係性として記述できるように親子関係を記述できるように拡張した。(Fig. 4)

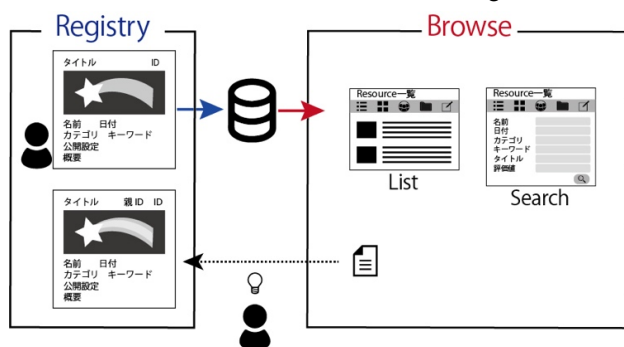


Fig. 4 関係性の記録を追加したアーカイブ概念図

それぞれの設計リソースは登録時に一意の ID で管理し、参照・引用された設計リソースは親子関係に似たりレーションで関係づけられることでデザインの展開過程を記録する。(Fig. 5)

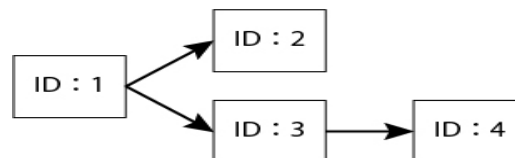


Fig. 5 ID によるリレーションの関連付けのイメージ

チームメンバーはエスキースや写真などと共にコメントを付けて、提案リソースをリレーショナルデータベース（以下、RDB）に登録する。(Fig. 6)



Fig. 6 アイデアスケッチの登録

これらの提案を他のユーザーが参照・引用しながら、新たな提案イメージを追加登録する。(Fig. 7) 設計討論で作成されたリソースは、逐次、Web 上の FileMaker Server(以下、FMS)アーカイブに保存され、他のメンバーと共有される。共有されたリソースから影響されたり、発展させたりして、新しいリソースを追加した場合は、参照元になる（親になる）リソースも同時に記録する。



Fig. 7 提案をもとにした CG スタディの提案

最終的にこれらの提案は参考にした度合いと引用を記述した一覧として共有される。(Fig. 8)



Fig. 8 時系列と ID で関連付けた設計リソース一覧

設計リソースアーカイブは、カード形式の RDB を Web サービスとして Web ブラウザ、タブレット端末のクライアントアプリから参照できる FMS で構築した。

5. グラフデータベースによる分析

これまでに述べた設計リソースアーカイブで収集・蓄積したデザイン提案の記録を取り出し、評価するためにグラフデータベース（以下、GDB）を利用する。GDB は非リレーショナル DB に位置づけられ、グラフ理論に基づき、データをノード（点）とリレーション（線）によるセミラティス構造のネットワークとし、データ同士の関係性の参照が可能となる。本研究では、GDB として最も利用されている Neo4J コミュニティ版（無償利用可）を使用する。Web ベースの設計リソースアーカイブで収集したデザイン提案を Neo4J による GDB に取り込み、設計後にプロジェクトの管理者は設計プロセスを俯瞰的に可視化することで設計プロジェクトの展開を事後的に評価する。Neo4J と設計リソースアーカイブによるデザイン討論記録支援の概念図を示す。（Fig. 9）

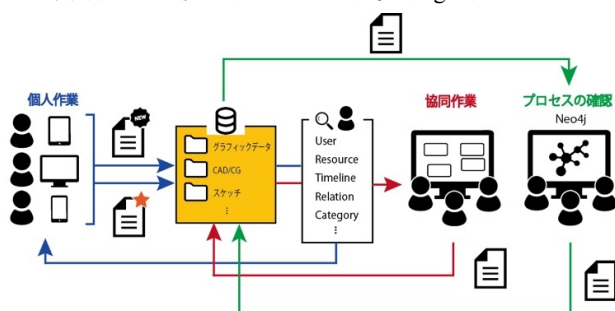


Fig. 9 GDB による討論プロセス支援

6. メンバー活動、討論プロセスの指標化

設計討論の記録アーカイブである FMS から CSV 形式でデータをエクスポート、GDB へ設計リソースの取り込みを行う。（Fig. 10）FMS による設計リソースアーカイブと分析表示用の GDB とのリレーションの対応関係を示す。（Table 1）

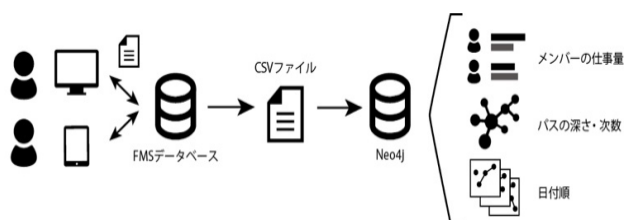


Fig. 10 FMS から Neo4J へのデータ取り込み

本研究で考察するデザイン討論過程のうち、GDB による可視化と分析を行うため、次の4つの視点での表示を行う。

・タイムライン（時系列）

設計リソースの作成日時をもとに時間軸による参照で経時的变化を確認する。

Table 1 FMS から Neo4J へのデータ対応

FMS データベースの情報			Neo4j の設定	
書出情報	テーブル	フィールド	ノードラベル	ラベル概要
メンバー名	Resource	Res_name	Name	メンバーの名前のノード全ての総称
リソース情報	Resource	Res_id	Resource	リソースの情報のノード全ての総称
		Res_name	Sketch	スケッチのリソース
		Res_date	Memo	メモのリソース
		Res_category	CAD	CAD 画像のリソース
			Graphic	グラフィックスデータのリソース
			Map	発想法のリソース
			Photo	写真のリソース
			Drawing	図面のリソース
			Image	イメージ画像のリソース
			Text	テキストのリソース
			Video	動画のリソース
			Web	Web サイトや URL のリソース
		First, Second, ...		プロジェクトの日付ごとに何日目なのかを示す

FMS データベースの情報			Neo4j の設定	
書出情報	テーブル	フィールド情報	関係性	リレーションの構造
リソースと作成者の関係	Resource	Res_id	作成した	[Name] → 作成した → [Resource]
		Res_name		[Resource] ノードの Res_id と CSV ファイルの Res_id が一致すればリレーションを作成
リソースの親子関係	Relation	Rel_parent_id	参考にされた	[Resource] → 参考にされた → [Resource]
		Res_children_id		[Resource] ノードの Res_id と CSV ファイルの Rel_parent_id と Rel_children_id が一致すればリレーションを作成

・パーソン（人物別）

ユーザー別に登録されたリソース数や参照・被参照数を測り、プロジェクトへの貢献度を判定する。

・カテゴリ（表現別）

討論プロセスにおけるリソースの表現やメディア形式の種類別の表示と提示数をカウントする。

・リレーション（参照別）

提案された設計リソースへのメンバーからの評価やつながり（参照による親子関係）をもとにした回数やパスの深さを元に指標化する。

これらの視点表示の切り替えは、提案順、人物毎、スケッチや画像などのメディア別、さらに参照や引用数に応じて Neo4J 上から随時、視覚的なグラフとして表示することで、設計プロジェクトの有り様を俯瞰で参照する。さらにデザイン討論プロセスにおける活動評価指標として、設計リソースの提案数と評価、被参照されたリレーション数などを GDB から抽出した値をもとにした評価値として設定する。（Table 2）

Table 2 討論プロセスの評価値と計算式

評価名	概要	式
被参考リソースの割合	個人別に見た親リソースの割合	親リソース数 / リソース数
リレーションシップの平均	個人の親リソースから繋がるリレーション数の平均	リレーション数 / 親リソース数
リソースの割合	デザイン討論全体から見た個人が作成したリソースの割合	リソース数 / リソースの総数
リレーションシップの評価	作成したリソースがより多く参考にされた評価	リレーション数 / リソース数
リソース数の評価	デザイン討論全体から見てより多くのリソースを作成した評価	親リソース数 / リソースの総数
総合評価	被参考リソースの割合、リレーションシップの平均、リソースの割合を全てかけ合わせた評価	リレーション数 / リソースの総数

7. プロジェクト事例におけるプロセス分析

提案システム環境を利用してデザインコンペ応募3事例の討論マネジメント及びデザイン討論の分析を試みた。これらの事例では、①新素材を活用したプロダクト提案をデザイン初学者の学部生チーム、②文房具のリノベーション提案を院生中心の中級レベルの経験者チーム、③住空間のインテリア提案を院生+学部生とアドバイザーとして教員も参加した上級レベルのチームで行っている。本論では紙面の都合上、上級者による事例について考察する。Fig. 11は設計リソースの提案者（A～F）別に見た最終マップである。図中の円＝ノードはそれぞれスケッチ：紫、メモ：桃、CG：緑、図案：青、画像：黄、図面：赤、その他：灰で色分けされている。（Fig. 11）またリレーションのパスが最も長い主要リソース（Table 3）とメンバー別の討論と提案状況の指標を示す。（Table 4）

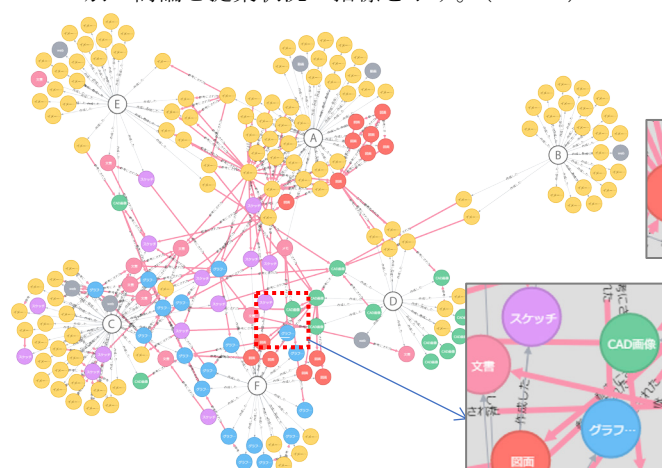


Fig. 11 リソース提案者からみた全体構造

Table 3 パスの深さから見た主要な提案リソース

順位	1	1	1	1	1
リソースID	177	122	127	136	146
パスの深さ	12	12	12	12	12
パスの行き先 (リソースID)	288	288	288	288	288
カテゴリ	図面	イメージ画像	イメージ画像	イメージ画像	イメージ画像
リソース					

Table 4 メンバー毎の貢献度合い

	リソース数	親のリソース数	リレーション数	親リソースの割合	リレーションシップの平均	リソースの割合	リレーションシップの評価	リソース数の評価	総合評価
A	47	31	64	0.660	2.065	0.242	1.362	0.160	0.330
B	24	2	2	0.083	1.000	0.124	0.083	0.010	0.010
C	45	34	52	0.756	1.529	0.232	1.156	0.175	0.268
D	20	7	14	0.350	2.000	0.103	0.700	0.036	0.072
E	30	6	8	0.200	1.333	0.155	0.267	0.031	0.041
F	28	13	13	0.464	1.000	0.144	0.464	0.067	0.067
総数	194	93	153	0.479	1.645	1.000	0.789	0.479	0.789

プロジェクトを通じた討論とリソースの全体構造とメンバーの貢献指標から、メンバーAは参考にされたリソースが多く、かつ様々なリソースを組み合わせた試行錯誤を行なったと考えられる。一方、総合評価の低いメンバーEは写真などの提案リソースは多いが、他メンバーからの被参照数が少ない、リソースの組み合わせによるアイデアの展開や発展が不十分であることがわかる。

（Fig. 12）（注：メンバーBはオブザーバとして除外）

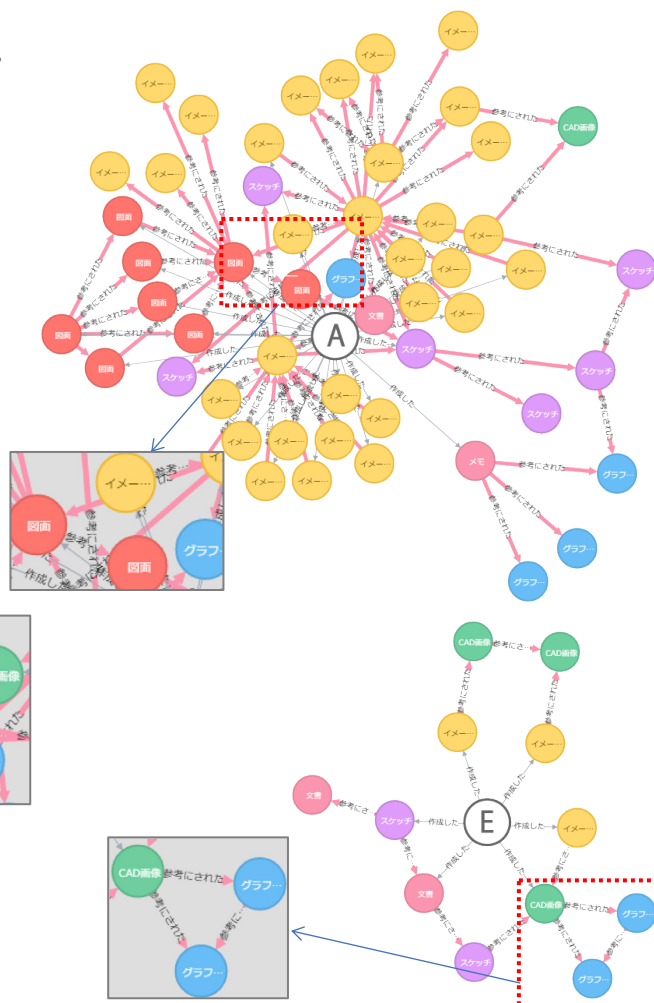


Fig. 12 貢献度の高いメンバー（上）と低いメンバー（下）のリソースマップ

8. デザイン討論プロセス3例の考察

評価対象とした①初級者、②中級者、③上級者による3事例から回数とパスの深かった代表的リソースを示す。

(Fig. 13) 初級者は、討論リソースの参照数やアイデアのつながりのパスも少ないなど、アイデアの展開が不十分だった。中級者では、当初のアイデアや提案が活用されると共に上級者では、リソース数、参照数、パスの深さ(つながり)も多く、討論全体を俯瞰した総合的な検討が行われたと推察できる。次にメンバーの貢献や評価指標をまとめたものを示す。(Fig. 14) 初級者は、リレーションシップ評価に対してリソースが少ない、また提案リソースを十分に考慮して構造化していないと判断できる。一方で中・上級者は、被参照リソース比が高く、メンバー間でアイデアの共有や発展が行われ、協同作業を上手く進めたと推察できる。

9. 総括と今後の課題

本研究では、協同作業としてデザイン討論プロセスを記録、設計後にメンバーの貢献やアイデアの展開過程を俯瞰するプロセス可視化を行うシステム環境の試作について述べた。特に協同作業で適切に評価することが難しかった個々人の貢献度合いの指標化と棋譜のように設計案の成り立ちを俯瞰できる表現技法は、設計教育全般に役立つと考えている。一方、RDBとGDBのシステム連

携の実現、当事者であるデザイナーが直接、プロセスを俯瞰できるインターフェースの構築を今後の課題と考えている。本研究はJSPS 科研費 JP 16K00708 の助成を受けたものです。

[参考文献]

- 1) 大西康伸他,「意思決定支援を目的としたウェブ非同期討論ツール DesIBo のコメント機能拡充」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 2007
- 2) 村井他,「グラフ理論とアイデア継承概念による実務プロジェクトの最終案生成プロセスに関する考察」, 日本建築学会近畿支部研究発表会, 2010
- 3) 和田浩一他,「実務者の建築設計プロセスに関する研究: その1 建築のエスキスにおける思考の連鎖」, 日本建築学会学術講演梗概集, 2006
- 4) Parraguez, P., & Maier, A., A Networked Perspective on the Engineering Design Process: At the Intersection of Process and Organisation Architectures., DTU Management Engineering., 2015
- 5) 大西智佳, 川角典弘他,「デザイン企画段階におけるアイデア共有・管理のためのアーカイブの構築」, 日本建築学会近畿支部研究発表会, 2016
- 6) 大西智佳,「ヒストリーベースによるデザイン討論マネジメントの研究 グラフデータベースによる可視化と分析」, 和歌山大学大学院修士論文, 2017

- *1 和歌山大学システム工学部 講師 工博
 *2 和歌山大学大学院デザイン科学クラスター 院生
 *3 和歌山大学システム工学部システム工学科 学部生

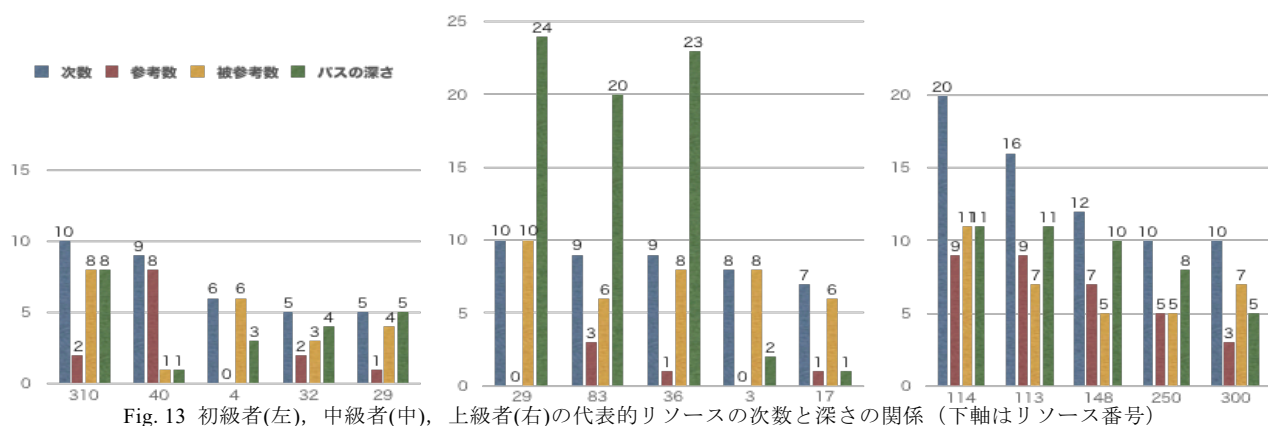


Fig. 13 初級者(左), 中級者(中), 上級者(右)の代表的リソースの回数と深さの関係 (下軸はリソース番号)

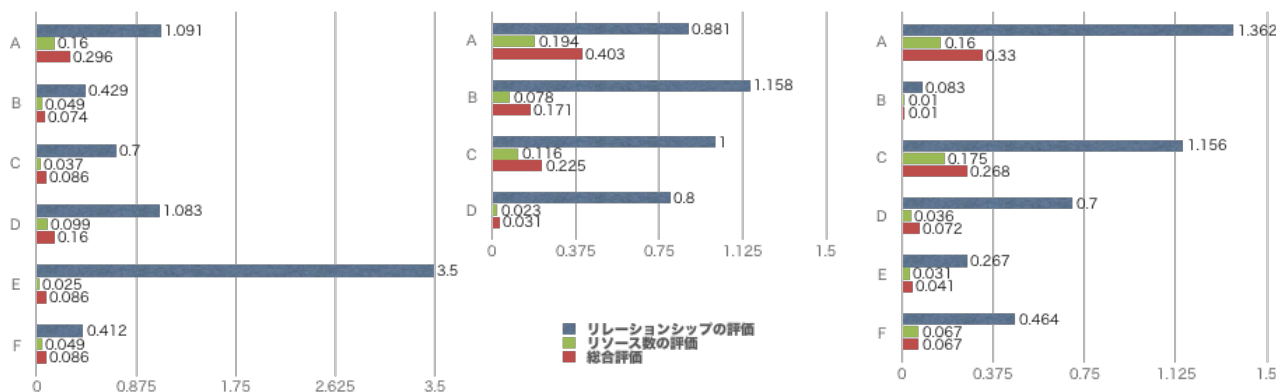


Fig. 14 初級者(左), 中級者(中), 上級者(右)のメンバーの仕事量の評価 (プロジェクトにおける貢献度)

A Study on History-Based Design Process Visualization

Evaluation of Discussion Support using with Graph Database

○Norihiro KAWASUMI^{*1} Shunsuke NAKAO^{*2}
Yushi INADA^{*3} Ryota NAGAI^{*2}

Keywords : Discussion Management, Collaboration, Visualization, Graph Database

Abstract and Purpose

Generally, there are a lot of design resources verified and evaluated in the collaborative design activities. It is quite necessary to record these activities as practical process to understand the intentional reasons and purposes of design proposals. Therefore, these procedures of discussion have to be archived with digital tools and made them visualized as graphically. In this paper, the digitalized methods and system environment are described to visualize the collaborative design activities utilized with Graph Theory. Then we considered the results of the discussion visualization tool adopted in some practical projects.

Research Method and System Implementation

At first, some of practical design projects are observed and analyzed to understand the actual and heuristic procedures of creative discussion. These results are expressed as the relative and semi-lattice mapping model to understand of whole design activities. Some of typical variations of discussion procedures were defined from them. Second, the web-based discussion archives have been improved to record the relationship among the various resources proposed in design project. These archives are developed with Relational database tool, Filemaker Server. Third, the graph-based database tool, Neo4J was used to aim to analyze the temporal changes and sequential patterns of design discussions. In this system, whole of design activities and relations among of design resources are described and operated the variable illustrated map and it is possible to extract the index of important resources, number of paths, depth of relation and personal contribution for design projects.

Verification of System Environment

To verify the effectiveness of proposed system environment, the processes of three design projects are analyzed. Each member of teams is consisted with beginner, intermediate and skillful. The proposed system environment made it possible to visualize team's discussion and reviews as graphical relation-maps according to the complexity, consideration, attention and criteria and so on. These relation-maps are manipulated their own form and style dynamically and retrieved the further information to clarify what kind of examination and evaluation was done in projects. We consider that these graphical maps and indexes are quite useful to evaluate the achievement, density and qualities of design projects.

Conclusions

The design activities are generally considered to be the result of creative procedures by tacit knowledge and experience. These knowledges and procedures are not well-defined and not recorded as a clear form that can be referred to yet. The proposed method and implemented tools will be able to use to support efficient collaboration and provide some of teaching material for purpose of design learning.

Acknowledgments

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP16K00708.

*1 Lecturer, Faculty of System Engineering, Wakayama University, Dr.Eng.

*2 Graduate, Graduate Schools Master's Program, Wakayama University

*3 Undergraduate, Faculty of System Engineering, Wakayama University