慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	MoSaIC-II: 多様な関係を可視化するビジュアルインタフェースを用いたデジタルコンテンツ閲覧システム : デジタルコンテンツの多様な関係のモデル化とその可視化の試み
Sub Title	MoSaIC-II: A digital content viewing system using polymorphic visualization of relations as a visual interface : Modeling and visualizing polymorphic relations between digital content
Author	石川, 尋代(Ishikawa, Hiroyo)
Publisher	慶應義塾大学デジタルメディア・ コンテンツ統合研究センター
Publication year	2014
Jtitle	慶應義塾大学DMC紀要 (DMC Review Keio University). Vol.1, No.1 (2014. 3) ,p.32- 38
JaLC DOI	
Abstract	本研究ではデジタルコンテンツ間に設定された多様性のある関係をインタラクティブに可視化し, その結果をビジュアルインタフェースとしてコンテンツ選択に利用する閲覧システムを提案している。デジタルコンテンツの関係は2つのコンテンツの対応付けとコンテンツのグループ化を用いて表現し, コンテンツやコンテンツのグループをノードとした有向グラフで記述する。これを関係カタログとして, デジタルコンテンツファイルとは別にアーカイブする。コンテンツ間の関係表示は有向グラフを可視化することで得られる。有向グラフの可視化として, 水平方向と高さを変化させるノード配置方法を提案する。注目ノードに接続するエッジの水平方向は円弧状に配置されるように, 高さは関係カタログの種類によって決定する。位置決定した後, ノードとリンクを3Dグラフィックスとアニメーションを使って描画展開していく。可視化結果を"Polymorphic View"と呼び, コンテンツ選択のビジュアルインタフェースとして利用する。グラフ上のコンテンツノードを選択して閲覧する度に新しい関係やコンテンツノードが追加描画され, リンクをたどることで関係する他のコンテンツを閲覧することができる。グラフの見え方や大きさは自由に変更できるため, 複雑な関係であっても分かりやすい提示ができる。さらに, Polymorphic View をビジュアルインタフェースとしたコンテンツ閲覧システム(MoSaIC-II)を開発し, 閲覧実験を行いその有用性を確認した。
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO32002001-00000001-0032

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

MoSaIC-II: 多様な関係を可視化するビジュアルインタフェースを用いたデジタルコンテンツ閲覧システム

デジタルコンテンツの多様な関係のモデル化とその可視化の試み

石川 尋代

慶應義塾大学 デジタルメディア・コンテンツ統合研究センター

あらまし　本研究ではデジタルコンテンツ間に設定された多様性のある関係をインタラクティブに可視化し，その結果をビジュアルインタフェースとしてコンテンツ選択に利用する閲覧システムを提案している．デジタルコンテンツの関係は 2 つのコンテンツの対応付けとコンテンツのグループ化を用いて表現し，コンテンツやコンテンツのグループをノードとした有向グラフで記述する．これを関係カタログとして，デジタルコンテンツファイルとは別にアーカイブする．コンテンツ間の関係表示は有向グラフを可視化することで得られる．有向グラフの可視化として，水平方向と高さを変化させるノード配置方法を提案する．注目ノードに接続するエッジの水平方向は円弧状に配置されるように，高さは関係カタログの種類によって決定する．位置決定した後，ノードとリンクを 3D グラフィックスとアニメーションを使って描画展開していく．可視化結果を”Polymorphic View”と呼び，コンテンツ選択のビジュアルインタフェースとして利用する．グラフ上のコンテンツノードを選択して閲覧する度に新しい関係やコンテンツノードが追加描画され，リンクをたどることで関係する他のコンテンツを閲覧することができる．グラフの見え方や大きさは自由に変更できるため，複雑な関係であっても分かりやすい提示ができる．さらに，Polymorphic View をビジュアルインタフェースとしたコンテンツ閲覧システム(MoSaIC-II)を開発し，閲覧実験を行いその有用性を確認した．

キーワード デジタルコンテンツ，多様性表現，有向グラフ，可視化，ビジュアルインタフェース

MoSaIC-II: A digital content viewing system using polymorphic visualization of relations as a visual interface

Modeling and visualizing polymorphic relations between digital content

Hiroyo Ishikawa

Research Institute for Digital Media and Content, Keio University

Abstract In this paper we propose a digital content viewing system which visualizes the polymorphic relationships between digital content interactively and uses it as a visual interface. The relationships are expressed by corresponding of two content and classifying and shown by directed graphs. On the graphs, nodes mean the content files and the groups, and edges mean group members or correspondences. The graphs are archived as relation catalogues separately from content files. We visualize the relations of content on a directed graph. To visualize the graphs, we use a method of locating nodes by horizontal directions and height. Nodes linked with a target node will be located on a horizontal circle and their height is decided by their relation catalogue. After deciding the node location, nodes and links are drawn using 3D graphics and animation. The visualization result called “polymorphic view” is used as a visual interface for selecting content. Selecting content on the visualized graph will expand new links and new content nodes additionally. We can show another content by tracing graph links. It becomes easy to

understand the relations between digital content, because we can change the direction and size of the directed graph. We developed a content viewer system (MoSaIC-II) using the polymorphic view as a visual interface and we can see the usability of the polymorphic view.

Keyword Digital content, Polymorphic View, Directed graph, Visualization, Visual Interface

1 はじめに

近年，デジタルコンテンツは広い分野で利用されている．ネットワークを介して，文章や画像，コンピュータグラフィックス，動画，音楽など，さまざまなデジタルコンテンツにアクセスして閲覧することができる．また，アナログ作品をデジタル化してアーカイブし，ネットワーク上で公開している美術館や博物館なども数多くある[1,2]．実物を観ることは困難な場合であっても，このようなデジタルコンテンツを手軽に閲覧できることはとても有効なことである．通常，ユーザはデジタルコンテンツが公開されている web サイトにアクセスして，必要に応じてなんらかのキーワードで検索した結果からコンテンツを選んで閲覧するだろう．あらかじめ閲覧対象が分かっている場合や，検索する内容が分かっている場合にはこの方法は有効であるが，適切なキーワードが分からなかったり，明確な目的がなかったりする場合にはこの方法でデジタルコンテンツを利用することは難しい．

ユーザが検索する以外の手法としてはデジタルキュレーションやコンテンツキュレーションがある[3,4]．これらのキュレーションでは，あるテーマについて，キュレータの文章などとともに取捨選択されまとめられたデジタルコンテンツへのリンクを提供している．キュレーションサイトに訪れたユーザはアーカイブから検索することなく簡単にコンテンツ閲覧が可能である．このように関係するコンテンツをまとめて提供するキュレーションサイトは大変有用である．しかし，こういったキュレーションは 1 つのテーマについてまとめられているため，その中のあるコンテンツに関係する他のトピックを閲覧したい場合にはさらにリンクをたどったり，Web サイトなどで検索を繰り返したりすることになる．そういった作業は煩雑であり，検索方法によっては見つけ出せないこともある．したがってコンテンツやそれに関係する情報を効率よく閲覧していくことは，増え続けるデジタルコンテンツの閲覧にとって重要なことである．

効率の良い閲覧のために，著者らは，各テーマに共通するデジタルコンテンツを介して他のテーマを関係付けした情報をユーザに提供することが有効であると考えた．これにより，ユーザはデジタルコンテンツによる情報ネットワークから連想ゲームのようにデジタルコンテンツをたどりながら閲覧することができるようになり，それらの関係から多様性のある関係やコンテクストを知る手段を得ることができる．さらに，ユーザはコンテンツを理解することだけでなく，ユーザがまだ知らない関係するコンテンツを発見することや，新たな知見に気づくことを促すことができると考える．このようなシステムを構築するためには，多くのコンテンツと複数のトピックを記述してそれを提示する方法が必要である．既存の手法ではコンテンツや Web ページに対して，検索エンジンが関連するコンテンツのリンクを提供するものもある[5]．また，Web のリンクなどではグラフを用いてそのつながりを可視化しているものもある[6,7]．しかし，前者はコンテンツベースで関連するものを提供しており，キュレーションのようなテーマを表現することは難しい．また，後者では対象コンテンツとのつながりを一意に表示することができるが，これもまた同様にテーマの表現が難しい．したがって，既存のシステムでデジタルコンテンツ間の多様性のある関係を記述することや提示することは難しい．

本研究では有向グラフを用いてデジタルコンテンツ間の多様な関係を記述する手法とそれらを可視化して 3D グラフィックスで表現したビジュアルインタフェース(polymorphic view)を提案する．そして，提案する polymorphic view を介してデジタルコンテンツ空間にアクセスしてコンテンツを閲覧するシステム(MoSaIC-II: Museum of Shared and Interactive Cataloguing)の実装について述べる．さらに，MoSaIC-II によるコンテンツ閲

覧実験を行い，本稿で提案する Polymorphic view の有効性について検討する．

2 デジタルコンテンツの関係記述とカタログ化

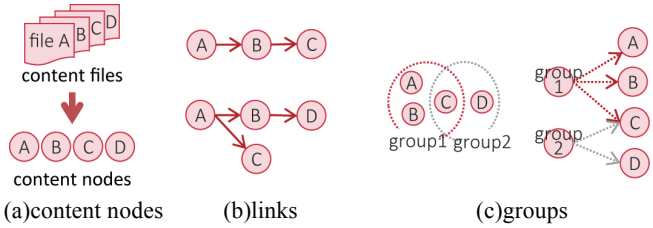
2.1 有向グラフを用いた関係記述

有向グラフを用いてデジタルコンテンツ間の関係をモデル化する手法について説明する．デジタルコンテンツは 1 ファイルを有向グラフの 1 ノードに対応させる．コンテンツ間の関係は有向グラフのエッジを用いてモデル化するが，関係は多種多様であり種類などを厳密に定義することは困難である．そこで，本研究では以下の 2 つの簡単な関係付けのモデルで記述することとする．

(1)2 つのコンテンツ間の対応による関係付け

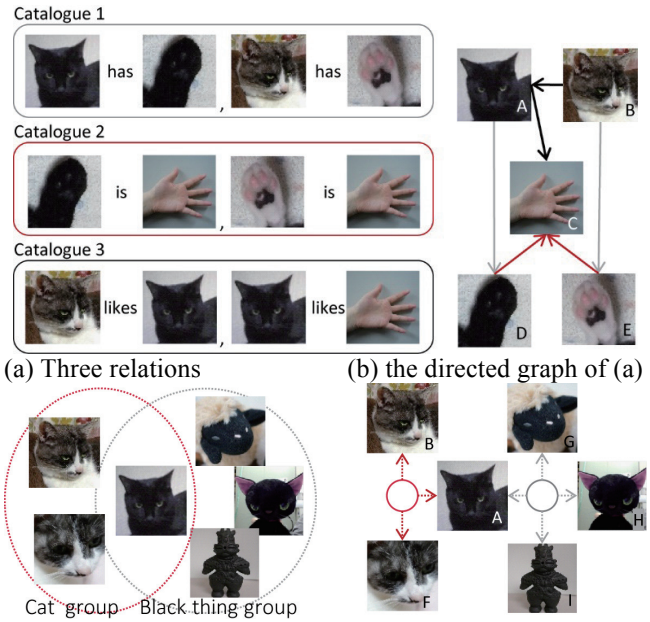
(2)分類などのグループ化による関係付け，

(1)は 2 つのコンテンツ間の関係付けであり，個々のコンテンツ間に発生する関係で，それには順序や対応，



(a)content nodes (b)links (c)groups

図 1 コンテンツ間の関係記述



(a) Three relations (b) the directed graph of (a)

(c) Two groups (d) the directed graph of (c)

図 2. デジタルコンテンツ間の関係と有向グラフ

参照，関連，同等関係などさまざまなものがある．これらはすべてエッジによってリンクするように記述する．また，この (2)は分類などによる関係付けであり，何らかの要件で集められたコンテンツの集合である．これをグループとして記述する．図 1 に，これらの関係付けを有向グラフで表現する例を示す．(c)に示すようにグループ 1 つに対して 1 つのノードを作成し(グループノード)，所属するコンテンツはエッジでグループノードにリンクされる．このように有向グラフで記述した関係付けのまとまりを関係カタログ（Relation catalogue）と呼ぶ．コンテンツは複数の関係カタログに含まれることが可能である．コンテンツからグループノードへ，グループノードからグループノードへのリンクも可能である．

既存のグラフを用いたデータベースではエッジに自然言語を用いたタグ情報などを付加している．エッジの説明に自然言語を利用することは関係の整理上便利ではあるが表現の数が多くなり煩雑になるため，本研究においては自然言語を合わせた関係記述は行わない．自然言語を用いないため，関係の意味などは作成者が自由に決定できる．そして，エッジのデータとしては記述しないが，別途デジタルコンテンツとして記述し，関係の意味などを関連づけすればデータ化することができる．

関係付けの例を図 2 に示す．(a)に 3 種類の関係カタログの例を示す(has，is，like)．それぞれの関係カタログには 2 つのリンクが含まれている．それらを有向グラフで表現したものを(b)に示す．また，(c)に 2 つのグループ(Cat group, black thing group)に示す．これらを有向グラフで表現したものを(d)に示す．

2.2 データ構造と関係カタログ化

関係カタログを保存するためのデータ構造について説明する．デジタルコンテンツファイルにはそれぞれ固有のファイル ID を付けて識別する．また，関係やグループにはその 1 つのまとまり毎にそれらを識別できる ID(関係カタログ ID)を設定する．有向グラフのデータは図 3(a)に示すように，2 つのノード情報とそれをつなぐエッジ情報を最小単位として構成される．ノード情報にはそれぞれ始点のファイル ID と終点のファイル ID を設定する．エッジの情報としては関係カ

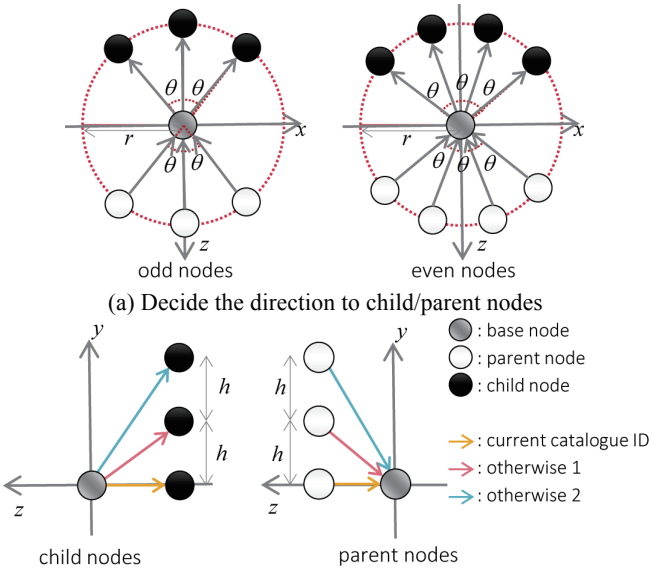
タログ ID を設定する．グループの場合，図 3(b)のようにグループを表す関係カタログ ID をエッジと始点ノードに設定する．これらを関係カタログとしてデータベースに保存する．また，本研究では ID のみを設定し，tag 情報などは設定しない．キャプションなどの説明やノードのサムネイルなどはプロパティとしてデジタルコンテンツにリンクさせる．

3 関係カタログの可視化

有向グラフで作成された関係カタログを 3D グラフィックスで可視化する手法を提案する．

3.1 ノードの位置決定

本手法の基本としては注目ノードに対して子ノードと親ノードの位置を決定することである．注目ノードは現在選択閲覧しているカレントコンテンツに対応するノード(カレントノード)から始まり，子/親ノードの位置を決定し，決定したノードを順に注目ノードとすることでリンクしているすべてのノードの位置を決定する．子/親ノードの位置は注目ノードからの方向と高さを個別に決定する．方向は図 4(a)に示すように決定する．座標系は鉛直方向を y 軸とし，注目ノードを原点とすると，z 軸負の方向へ子ノード，z 軸正の方向へ親ノードをそれぞれが均等になるように円弧上に割り付ける．図中の隣接ノードとのなす角θと円弧半径 r は変更可能なパラメータである．高さは図 4(b)に示すように決定する．現在選択されているカレントカタログと同じなら注目ノードと同じく y=0 となる．カレントカタログと異なるカタログとしてリンクされているならば，$y=h$ となる．さらに異なるカタログの場合は $y=2h$ となる．h は変更可能なパラメータである．カレントノードから初めて順に位置決定するが，すでに位置が決定している場合はその位置は変更しない．既に決定している子/親ノードがあり，その他の親/子ノード の位置が未決定の場合，決定しているノードの場所は空けて決定する．



(a) Decide the direction to child/parent nodes

(b) Decide the height of child/parent nodes of a base node

図 4. 注目ノードに対する親/子ノードの位置決定

3.2 描画とアニメーション

可視化は OpenGL を用いて仮想空間上に描画する．ノードとエッジを描画するが，ノードの 3 次元モデルは任意に設定できる．表示用にノードにはサムネイルとコンテンツタイトルをマッピングする．マッピングするサムネイルとタイトルはプロパティとして元のコンテンツにリンクするが，ノードとしては表示しないため，サムネイル用はファイル ID で判別できるようにした．また，3D グラフィックスのためさまざまな方向から見たノードを表示するが，コンテンツのタイトルは常に正面(Viewport に対して平行)を向くように表示される．エッジは矢印で描画するが，コンテンツ間のリンクは実線，グループ関係のリンクは破線とする．また，エッジは関係カタログ ID ごとに色分けして描画する．同じ 2 つのコンテンツ間に複数のリンクが存在する場合，矢印を少しずつずらして描画する．関係カタログの可視化結果を Polymorphic View と呼ぶ．

カレントノードが変更されたときは新しいカレントノードに対応したノード位置に変更するが，元の位置から新しい位置まではアニメーションで移動させるため，ノードが移動するさまが観察できる．

図 2 に示すデジタルコンテンツ間の関係に対して，カレントノードを Cats グループノードとした場合の Polymorphic View を図 5 に示す．ノードのモデルは Cube としている．グループノードは黒い Cube で示している．カレントノードにはノードより大きな Cube のワイヤフレームをカレントカタログの色で描画している．カレントカタログ ID はカレントコンテンツを選択したときにそれまでのカタログに含まれていない場合，カレントコンテンツが含まれるカタログのうち

のどれかに変更される．また，同じノード間を複数の関係カタログ ID のエッジでリンクされる場合は少しずつずらしてエッジを描画する．

4 デジタルコンテンツ閲覧システム: MoSaIC-II

4.1 システム概要

Polymorphic View をビジュアルインタフェースとして用いたデジタルコンテンツ閲覧システムについて説明する．本システムは制御用 PC1 台(MacBookPro, Intel® Core™ i7-4960HQ, 2.60GHz, メモリ 16GB, OS: Windows 7，ビデオカード: GeForce GT750M)と 32 インチ 4K タッチディスプレイ 2 台で構成される．MoSaIC-II を図 6 に示す．コンテンツと Polymorphic View は任意の位置に表示することができる．また，1 つの関係カタログ部分を抜き出した Polymorphic View も可能である．操作はマウスでのクリックとタッチディスプレイのタッチ制御に対応している．本システムで扱うことのできるメディアは，画像, 動画,音声,テキストである．

4.2 操作

ユーザの閲覧はコンテンツファイルを選択することで開始する．選択したコンテンツを表示するとともに，ビジュアルインタフェースとして Polymorphic View を表示する．ユーザは Polymorphic View から次に閲覧するコンテンツノードを選択していく．選択したノードにリンクするノードが逐次表示されるが，その表示される範囲は設定で変更可能である．Polymorphic View へのインタフェースは以下の 4 つを提供している．

・ノード選択：ダブルタップ/ダブルクリック
・カタログ回転：シングルドラッグ/左ボタンドラッグ
・カタログ平行移動：ダブルラッグ/右ボタンドラッグ
・カタログ拡大/縮小：ピンチ/マウスホイール回転

ユーザは上記の操作で見やすい方向を探すことができる．また，カレントノードによってカタログのフォーメーションが変化する．

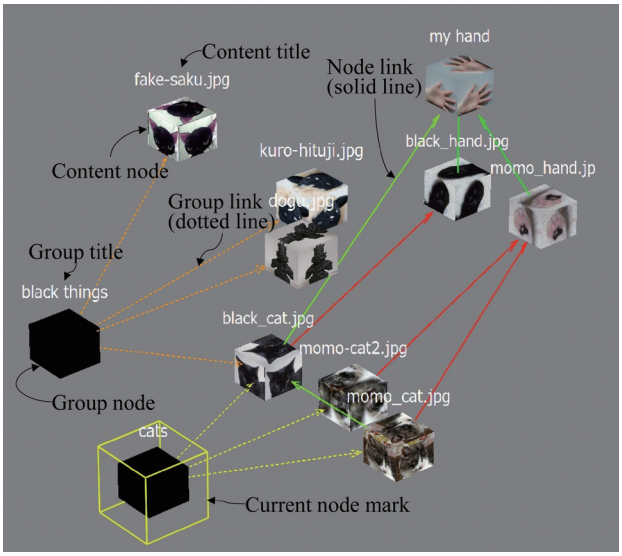


図 5. Polymorphic View の例

5 関係カタログ・デジタルコンテンツ表示実験

5.1 実験

さまざまなカタログを作成し，表示実験を行った．それらの Polymorphic View の例を図 7 に表示する．

5.2 実験結果と考察

Polymorphic View によって表現した多様な関係はカタログ製作者の意図に近いものとなったことが分かった．しかし，2 つのコンテンツ間の関係付けとグループでの関連付けが混在するカタログを作成することが難しく，それらについての検証はできなかった．しかし，複数グループにおいて重複するコンテンツは多数存在し，それらの多様な関係を知ることができることがわかった．

3D グラフィックの描画について，関係構築の仕方によっては重なってしまうノードが発生した場合はカレントコンテンツを変更して見えるようにできるが，カレントコンテンツが変わってしまうため，検討が必要である．また，多くのコンテンツを表示したときには重なりが多くなって見にくくなってしまう．方向や大きさを変化することで回避できることもあるが，情報の取捨選択，段階的に表示するなど検討が必要であり，これらは重要な課題である．

操作性についてはマウスでの操作よりも，タッチディスプレイでの操作が好評であった．また，4K ディスプレイを導入することにより，高精細な映像を提示できるため，コンテンツの空間への没入感が得られた．また，アニメーション効果はコンテンツ空間に動きをもたらし好評を得た．

関係カタログはデジタルコンテンツを所有する研究

者に提供してもらい作成した．それぞれのカタログ間で共通するコンテンツが存在しないため，カタログ製作者間での多様性のある関係は確認できなかった．

6 まとめ

本研究では有向グラフを用いてデジタルコンテンツ間の関係を記述する手法とそれらを可視化して 3D グラフィックスで表現したビジュアルインタフェース(polymorphic view)を提案し，polymorphic view を介してデジタルコンテンツ空間にアクセスしてコンテンツを閲覧するシステム(MoSaIC-II)を開発した．

本システムを用いてデジタルコンテンツ間の多様性のある関係を可視化することができ，選択したコンテンツに関係する他のコンテンツの存在を感じながらコンテンツを閲覧できるようになった．これにより，多様な関係やコンテクストを知ることができ，ユーザがまだ知らないコンテクストを知ることによって新しいコンテンツを発見することや，新たな知見に気づくことを促すことができると考える．

課題としては，大量のコンテンツに対する表示がある．すべての関係を表示するのではなく，優先順位などで表示する量を調節することが必要である．また，多くのパターンの関係カタログを作成して検証することや，ユーザによる見やすさや分かりやすさの検証も重要である．そのため，関係カタログの作成用ツールの開発も必要である．

今後の目標としては，コンテンツの複数表示や単体関係カタログの表示，またそれらの連動やインタフェース改善などが挙げられる．また，現在は同一 PC 上にデジタルコンテンツファイルを保持しているが，将来的にはネットワークを介したミュージアム間の連携を行い，デジタルアーカイブの共有，関係カタログの共有を目指している．こういったファイル送受信やカタログ管理システムについても研究開発が進められている[8].

謝辞　本研究の一部は戦略的研究基盤形成支援事業「文化財コンテンツのデジタル表象環境に関する統合的研究」による．研究を進めるにあたり，協力してくださった慶應義塾大学松田隆美教授，斎藤英雄教授，

図 6. デジタルコンテンツ閲覧システム(MoSaIC-II)

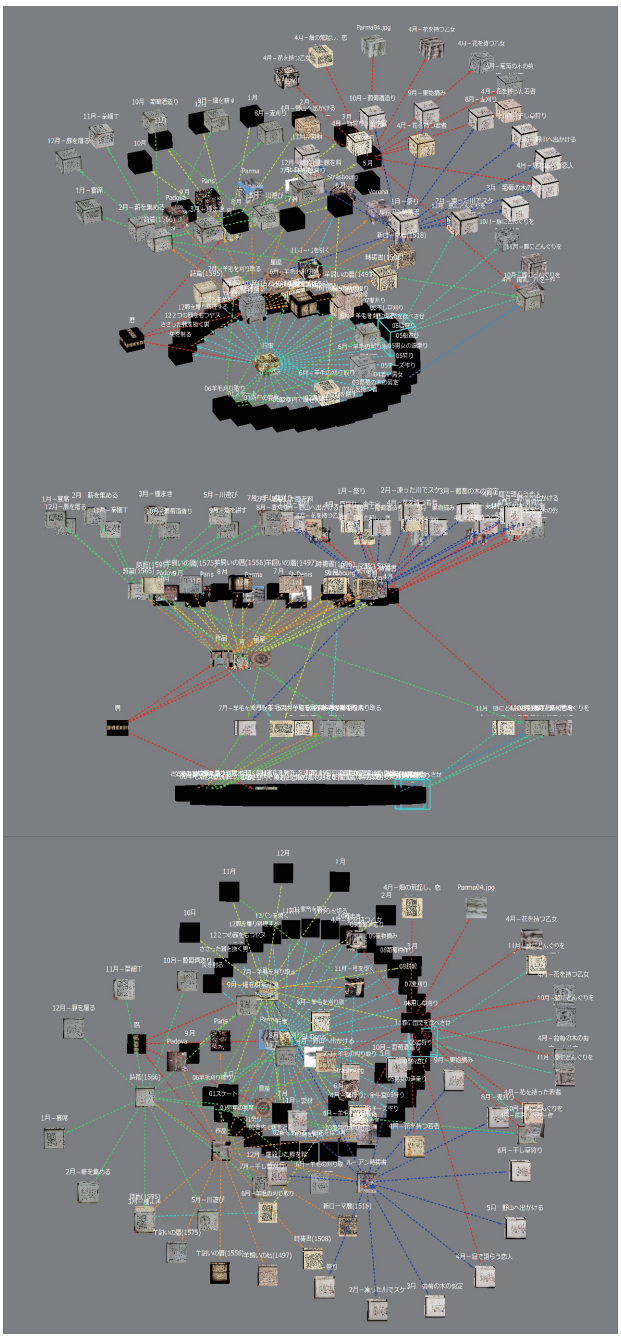


図 7. Polymorphic View の例

金子晋丈専任講師，そして宮下山斗氏に感謝する．また，描画デザインに多くの助言を下さったロゴスコープ(株)亀村文彦氏に感謝する．

文　献

[1] http://dl.ndl.go.jp/
[2] https://www.rijksmuseum.nl/en.
[3] http://digital-scholarship.org/dcrg/dcrg.htm
[4] N. Beagrie：“Digital Curation for Science, Digital Libraries, and Individuals”, Interantional Journal of Digital Curation, 1, 1, pp. 3-16 (Autumn, 2006).
[5] http://googleblog.blogspot.co.uk/2012/05/introducing-knowledge-graph-things-not.html.
[6] http://sigwp.org/en/index.php/Wikipedia_Thesaurus_Visualizer.
[7] http://graphit.jp/
[8] 宮下山斗，石川尋代，寺岡 文男，金子晋丈：“多様な視点の共有を可能にする自律分散型コンテンツ参照方式”，2013 データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム（DEIM2013），pp.B5-6, (2013).
[9] 石川尋代，宮下山斗，金子晋丈，斎藤英雄，松田隆美：“様な関係を可視化するビジュアルインタフェースを用いたデジタルコンテンツ閲覧システム”，映像表現・芸術科学フォーラム 2014，pp. 11-14, (2014).