

系図処理プログラムの改良—さらなる自動化を目指して

村川 猛彦・村田 亘平 (和歌山大学 システム工学部)

系図には人物の詳細や人間関係などが記載されており、人文学の研究において有益な資料である。これまで、系図の読解や分析を支援するため、系図画像および位置情報付きテキストを入力にとり、画像上の線分を認識しながら、人物同士および人物と付随情報の対応付けを行うプログラムを開発し公開してきた。本研究では活字化された2つの系図資料への適用を通して、上下に段組みされた系図画像からの段の認識および十字型交差の連結判定を自動で行えるようにし、位置情報付きテキストで人物名と付随情報が混在する文字列を効率的に分離する手法を実装した。

Improvement of a genealogy processor for increased automatization

Takehiko Murakawa / Kohei Murata (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

Genealogies are useful information materials for humanities research since they involve the details of persons and the personal connections. We have developed and put on view a genealogy processor taking genealogy image files and text files with positional information as input to automatically find personal relationship and associate comments on an image with persons. In this paper, our attempts are reported to execute the genealogy processing more efficiently by applying to two printed genealogical trees. We automated the page recognition from a multiple-row genealogy image and the connectedness decision between crossing line segments, while we implemented an effective separation method for strings in which a person name and a comment coexist.

1. まえがき

系図には人物の詳細や人間関係などが記載されており、人文学の研究において有益な資料である。系図は史料の撮影画像、出版物、文書ファイルなどの形態で表現されているが、JPEGなどの画像にしておけば、計算機による閲覧が容易となる。しかし画像のままでは、検索を行うことが困難である。そこで画像に記載の文字や、系図における情報どうしの繋がりを別途、計算機内に保持しておき、必要なときに取り出せるようにしておけば、より効果的な系図内情報の検索・閲覧が期待できる。

本研究で対象とする系図は、先行研究[1][2]と同様に、一族の代々の系統を書き表した図表とし、親子関係のみならず、教学・学芸の師匠から弟子への師資相承の関係(師弟関係)を表したものが該当する。婚姻関係は含まれない(婚姻関係を含む系図へのアプローチには例えば[3]がある)。また系図の人間関係は基本的にグラフ理論における根付き木であるという観点から、師弟関係についても親子や兄弟などの表記を用いる。

本稿では、[2]からの発展として、「東寺眞言宗血脉」[4]および「眞言相承諸流血脉図」[5]に収録された系図の一つである「秘密眞言相承血脉」に対する処理で、新たに開発した手法およびその適用結果について述べる。

それぞれの系図の最初のページを図1および図2に示す。

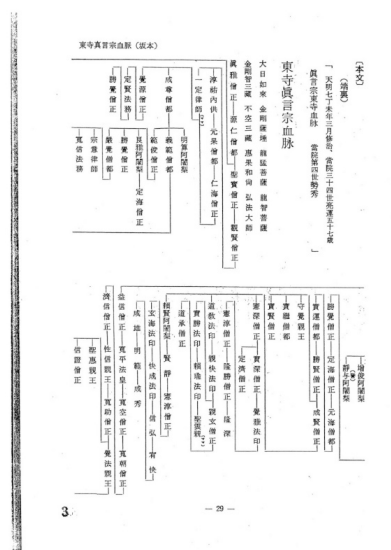


図1 「東寺眞言宗血脉」の系図画像(一部)

Figure 1 Front page of "Tojishingonshukechimyaku".

「東寺眞言宗血脉」は上下2段組で構成されており、この1ページを1枚の系図画像として、従来の手法で処理すると、上段の左端と下段の右端の繋がりを考慮しないことになる。そこで本研究では、系図処理プログラムを2度実行し、1回目の実行では線分のグループ化を通じて、段組ごとにページとして認識させ、2回目の実行で、ペー

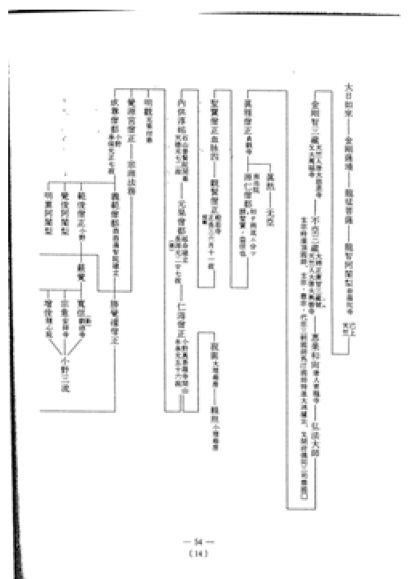


図 2 「秘密眞言相承血脉」の系図画像 (一部)
Figure 2 Front page of
“Himitsushingonsojokechimyaku”.

ジ間の繋がりに対応することで、人間関係を適切に取得できるようにした。

「秘密眞言相承血脉」について、着手した時点の関心は、「小野三流」と結ばれる斜線を含む3本の線分の処理であったが、精査したところ「小野三流」は(人物名と同じ大きさの文字ではあるが)付随情報として扱われるべき情報であることが判明した。この特徴のほかに、人物名と付随情報の区別がつきにくく、機械的な認識では混在して文字列となった箇所が多数見られた。これについて、位置情報付きテキストを修正したのちに系図処理プログラムに適用する手法について述べ、その結果を示す。

2. 系図処理プログラム

情報処理の観点で、対象とする系図の特徴を述べる。系図は、文字情報と線分(縦線と横線)で構成される。文字情報は、人物名、付随情報、その他(出版物のページ番号など)に分かれる。縦線と横線の繋がりについて、[1][2]および本研究では交差として扱い、その形状にはL字型、T字型、十字型が見られる。横線は隣接するページ間で繋がることもある。人物名の上端または下端の中央付近に、縦線の下端または上端がある場合には、その線を辿って親子関係や兄弟関係を獲得できる。付随情報は、人物名の近くに配置され、一般にその文字サイズは人物名より小さい。

この要件に合う電子媒体として、2016年から2017年にかけて、凸版印刷のOCR(光学文字認識)ソフトウェアにより、「東寺眞言宗血脉」「眞言相承諸流血脉図」を含む9つの系図について画像と位置情報付きテキストが作成されている[1]。位置情報付きテキストとは、系図画像上に見られる各文字列のテキスト情報および領域を表す数

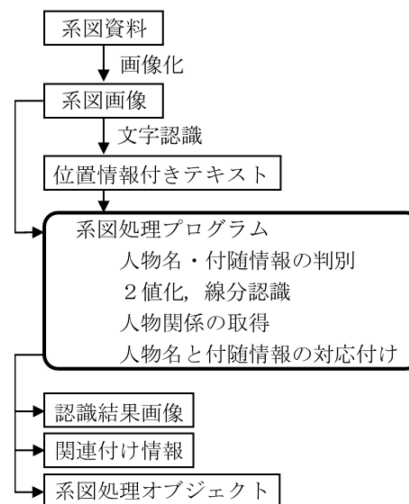


図 3 処理の流れ (従来)
Figure 3 Basic genealogy processing.

値情報(左上XY画像,幅,高さ)などで構成されたテキストファイルである。

系図に関する処理プログラム[2]について紹介する。系図画像と位置情報付きテキストを入力として処理を行うプログラムであり、線分認識を含む画像処理や人物関係の取得を行い、その関連付けを出力する。開発言語にはRubyを採用し、画像処理ソフトウェアImageMagickのコマンドを呼び出している。各ソフトウェアをインストールして実行させることも可能であるが、かわりにコンテナ型仮想化技術のDockerを用いて、Dockerコンテナの中で一連の処理を行い、結果のファイルを得ることもできる。

後で述べる処理方法との比較を容易にするため、この系図処理プログラムを用いた処理全体の流れを説明する(図3)。はじめに、処理対象の系図資料があるものとする。ここで系図資料は、画像、出版物、または文書の電子ファイル(Word, PDFなど)のいずれかとする。系図処理プログラムの入力となるよう、JEPG画像に変換し、必要に応じて回転などの補正を行う。各系図画像に対し、OCRソフトウェアの適用、または画像ビューアで閲覧しながら手作業で、位置情報付きテキストを作成する。系図が複数のページで構成される場合、ページ順にファイルに名前を付けておく。

単一または連続したペアの系図画像および位置情報付きテキストを入力に与え、系図処理プログラムを実行したときの、内部処理の概要は以下の通りである。まず、位置情報付きテキストの各文字列を、領域情報とともにプログラム内の変数に格納し、人物名か付随情報かを判別して属性を設定する。この判別は、幅(人物名の幅は付随情報より大きい)、高さ÷幅(人物名は付随情報よりもこの値が小さい)、文字列の特定の情報(「寺

で終わる場合には付随情報など)に基づいて行う。次に画像に関して、処理領域の外部、および各文字列領域を白塗りにして、PBM形式の2値画像ファイルに変換してから、読み出して白黒2値情報の2次元配列をプログラム内部に格納し、1ピクセル単位で走査して横方向および縦方向の線分を求める。同方向の近い線分同士を結合してから、連結(交差)の判定、および隣接ページにまたがる横線の検出を行う。人物関係の取得に関しては、人物名の文字列の上端または下端中央の座標と、縦線の下端または上端の座標との距離が閾値以下となる縦線を関連付けておき、交点および隣接ページの情報を用いて、その線分から到達する人物名を見つける。人物名の上端または下端から線分が始まり、他の人物の上端と繋がる時、そこに親子関係または兄弟関係を対応付けることとなる。上端中央座標を照合し、各付随情報について最も近い人物名と関連付ける。

系図処理プログラムの出力は3種類に分かれる。まず、認識結果画像は、系図画像上に文字列(人物名と付随情報で色を替える)、認識した線分、交点の箇所、人物名と付随情報の対応付けを描画したものである。次に、関連付け情報は、人物名と付随情報の文字列および座標、人物同士の親子関係と兄弟関係、人物名と付随情報の関連付けからなる文字情報で、標準出力に書き出している。最後に、系図処理オブジェクトは、処理を通じて得たRubyのオブジェクトによるデータ構造であり、Rubyの組み込みライブラリPStoreを用いてファイルに保存しており、読み出すことでそのデータ構造を瞬時に復元できる。

GitHubで公開したプログラム[2]は上記の処理を行う機能を有しており、データ構造および実際に行う処理をまとめた自作クラスのほか、「豊臣秀吉譜上」の処理を行うプログラムも収録している。ただし実用に際しては、自作クラスを活用する形で、系図ごとに処理プログラムを記述し、そこで線分認識など系図画像処理に関するパラメータの指定や、人物名と付随情報の判別処理、認識がうまく行かない場合の修正コードを記述する。本研究においても、3節と4節の系図処理プログラムは別々に作成している。

3. 「東寺眞言宗血脉」への適用

文献[4]の解題によると、「東寺眞言宗血脉」は至徳三年(1386)に宥信が成相寺にて宥快の口筆をまとめたものである。小野・広沢両流の概略な系譜を図示したものであり、血脉譜作成の目的として、三宝院流成賢の下から分流の諸法流間の正当性を論ずることにあつたとされている。系図はp.29上段の途中以降と下段の全て、そしてp.30上段の6行で構成されている。各系図画像のサイズは、幅1,827px、高さ2,495pxである。

前節で述べた系図処理プログラムを、単純に適用するのでは、適切な関係が抽出できない。その

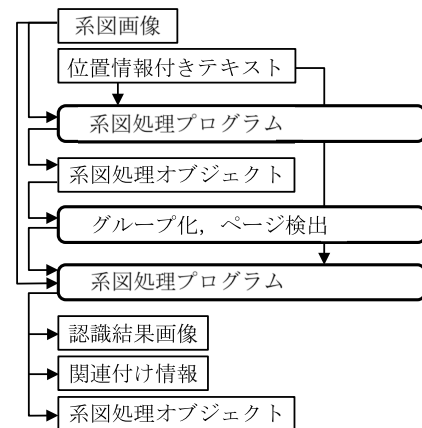


図4 処理の流れ(「東寺眞言宗血脉」への適用)

Figure 4 Genealogy processing for “Tojishingonshukechimyaku”.

最も大きな理由は、2段組で構成されている点である。例えば図1(p.29)上段について、左端の3本の横線は、同じページの下段の右端の3本と繋がることを意味するが、このことを考慮しないプログラムだと画像を1ページとみなして処理をするため、p.29の上下段の左端、合わせて5本の横線と、p.30で右に延びる2本の横線とを、対応付けようとしてしまう(ただし実行時エラーにはならない)。

この対策として、p.29上段、p.29下段、p.30上段の3つの領域を、画像編集ソフトウェアなどを用いて切り取り、位置情報付きテキストは領域ごとに抽出し座標変換をするという方法も考えられるが、人手による系図画像および位置情報付きテキストの編集作業を要することになる。他の同様の系図に対しても個別に対応しないとイケないため、効率的とは言えない。

そこで本研究では、系図処理プログラムを2度実行することで自動化を試みた。処理の流れを図4に示す。

各手順を具体的に述べる。

(1) 単純に「東寺眞言宗血脉」の2ページ分に対して系図処理プログラムを実行し、線分の認識を行う。図1の系図画像に対し、認識状況を描画したものを、図5に示す。

(2) 単純な認識結果において、繋がりのある人物名、および縦線と横線を取り出しグループ化する。ここで画像の左右端の横線を通じた繋がりは考慮しない(端で「切れた」ものとする)。実際には、系図処理プログラムのうちKzd::Reporterモジュールのメソッド呼び出しで得られるデータ構造をもとに、人物名・縦線・横線のそれぞれを

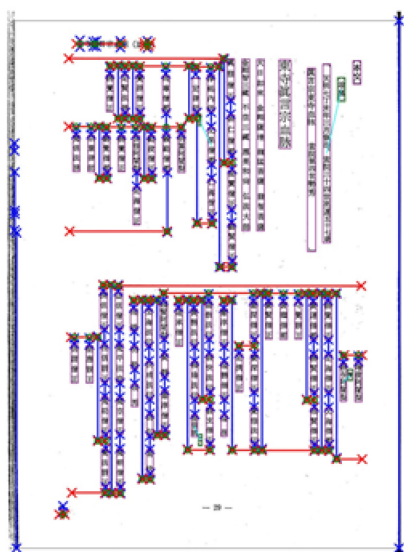


図 5 「東寺眞言宗血脉」の単純な認識結果
Figure 5 Simple detection result of
“Tojishingonshukechimyaku”.

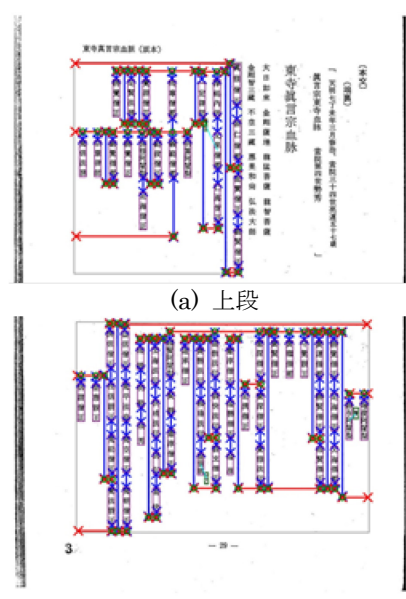


図 7 「東寺眞言宗血脉」の最終的な認識結果
Figure 7 Final detection result of
“Tojishingonshukechimyaku”.

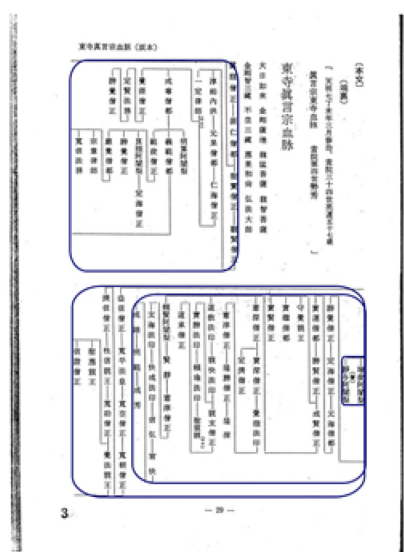


図 6 「東寺眞言宗血脉」のグループ化結果
Figure 6 Grouping of pages in
“Tojishingonshukechimyaku”.

(無向グラフの) 頂点, 繋がりを辺と見なして, 連結成分を求めることによって算出している.

(3) 得られたグループごとに, その領域座標を求める. 図 5 の処理結果に対し, その領域は図 6 のように示される. p.29 上段は 1 つの領域となるが, p.29 下段は 3 つ, p.30 上段は 2 つの領域となった.

(4) 得られた座標をもとに, 各グループの領域に重なりがあるかを判定し, 重なっている場合には統合する. これにより, p.29 上段, p.29 下段, p.30 下段で 1 つずつ, 計 3 つの領域となる.

(5) 統合された各領域が, 系図処理プログラムの 1 つのページとなるよう, 入力ファイルを用意する. 系図画像は加工せず, p.29 の元の画像ファイルは, 上段・下段それぞれの入力画像となる. 位置情報付きテキストは, 領域ごとに作成し, 領域外の文字列の情報を除外する.

(6) 用意したファイルを入力として, 系図処理プログラムを実行する. 各ページについて, 認識状況を描画したものを, 図 7(a)(b)に示す. 図 5 と比較すると, ヘッダの「東寺眞言宗血脉(坂本)」や, 画像作成時の左右端の影などの線分認識について, 人物情報と繋がらないため, 除外されているのが確認できる.

4. 「秘密眞言相承血脉」への適用

文献[5]によると, 「秘密眞言相承血脉」を含む「眞言相承諸流血脉図」には寛文二年(1662)の奥書が見られるが, これは最初に書写した年時であり, 明和二年(1765)に泊鳳が書写したものが嘉文六年(1853)に修理され, 法泉寺に伝来するに至ったとされている. 眞言宗の基本となる諸血脉を収録しているが, 小野流中の醍醐の諸流が中心であり, 撰者である来覚自身の相承や東光寺相承の法流の由緒を語るという意図が指摘されている. 「秘密眞言相承血脉」の系図は[5]の pp.54-56 である. ただし p.56 の左部は「道教流血脉」として異なる系図となる. 各系図画像のサイズは, 幅 1,742 px, 高さ 2,438 px である.

「秘密眞言相承血脉」への適用における処理の流れを図 8 に示す. 従来(図 3)との相違点は,

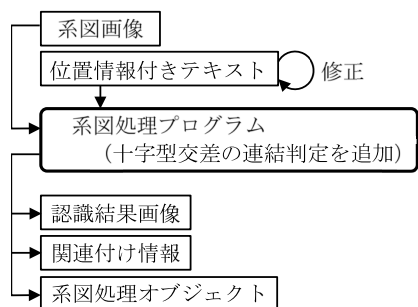
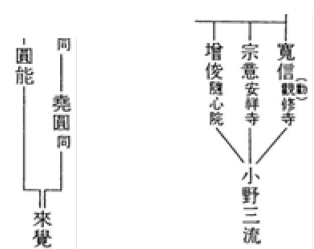


図 8 処理の流れ(「秘密眞言相承血脉」への適用)
Figure 8 Genealogy processing for “Himitsushingonsojokechimyaku”.



左: 複数の親
右: 斜線 (ただし「小野三流」は人物名ではない)
図 9 「秘密眞言相承血脉」における特徴的な線分の例

Figure 9 Examples of characteristic line segments in “Himitsushingonsojokechimyaku”.

位置情報付きテキストに修正を加えたこと、および十字型交差について判定を行い、連結でない場合には、内部構造において交差の情報を除外した点である。

「秘密眞言相承血脉」のための画像処理プログラムについては、すべての手順ではなく主要部に焦点を当てて説明する。はじめにこの系図で特徴的な線分の例を図 9 に示す。複数の親を持つ事例については、従来の系図処理プログラムによって近接する 2 本の縦線が 1 本に結合され、人物を上に通って親を見つける際にはその両方を獲得できている。また図 9 右のような事例はこの系図にもう 1 箇所存在したが、それらの文字列 (小野三流および松橋四天ト云) は付随情報とした。

図 8 に示した、位置情報付きテキストの修正の必要性および実施方法について述べる。「秘密眞言相承血脉」では、人物名のすぐ下に付随情報が書かれているため、OCR でそれらが一体化して認識されている文字列が 44 箇所あった。一例を図 10(a) に示す。系図画像と見比べると、この例では「龍智阿闍梨」が人物名、「奈羅陀寺」が付随情報である。他の箇所もすべて、一体化した文字列の前部が人物名、後部が付随情報であった。これについて個別に認識のやり直しをするのは、相当の手間となる。

そこで図 10(b) のように、人物名と付随情報との区切りを「|」の文字で指定するよう、テキストエディタで編集してから保存し、このファイルに

```
<String CONTENT="龍智阿闍梨奈羅陀寺" HEIGHT="311" HPOS="1428" ID="4" OPOLY="X" VPOS="987" WIDTH="35">
```

(a) OCR の結果

```
<String CONTENT="龍智阿闍梨|奈羅陀寺" HEIGHT="311" HPOS="1428" ID="4" OPOLY="X" VPOS="987" WIDTH="35">
```

(b) テキストエディタで「|」を挿入

```
<String CONTENT="龍智阿闍梨" HEIGHT="195" HPOS="1428" ID="4p" OPOLY="X" VPOS="987" WIDTH="35">
<String CONTENT="奈羅陀寺" HEIGHT="116" HPOS="1428" ID="4c" OPOLY="X" VPOS="1182" WIDTH="35">
```

(c) 分離後の人物名および付随情報

図 10 人物名と付随情報の分離
Figure 10 Separation of a person name and a comment.

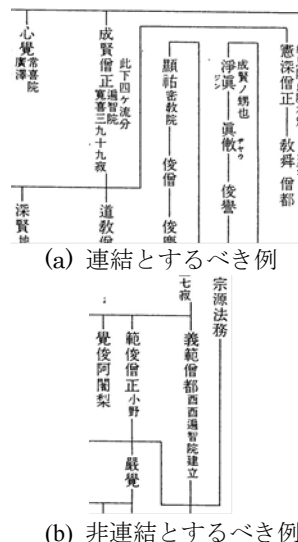


図 11 「秘密眞言相承血脉」における十字交差例
Figure 11 Examples of crossing line segments in “Himitsushingonsojokechimyaku”.

対して別途、開発したプログラムを実行して分離させることとした。適用結果は図 10(c) のようになる。

分離した際の文字列の高さ計算にあたり、各文字の高さは一定であること、および人物名と付随情報の文字の大きさの比は 4:3 であることを用いている。図 10(a) では「龍智阿闍梨奈羅陀寺」の高さ(HEIGHT)が 311 なのに対して、図 10(c) では「龍智阿闍梨」の高さを 195、「奈羅陀寺」の高さを 116 と算出した。付随情報にあたる「奈羅陀寺」の左端 X 座標(HPOS)および横幅(WIDTH)は変更していない。

「秘密眞言相承血脉」には、十字型交差がいくつか出現する。連結とするべきものと、非連結とするべきものを、図 11 に示す。図 11(a) では、憲深僧正は成賢僧正の子の一人として繋がるべき

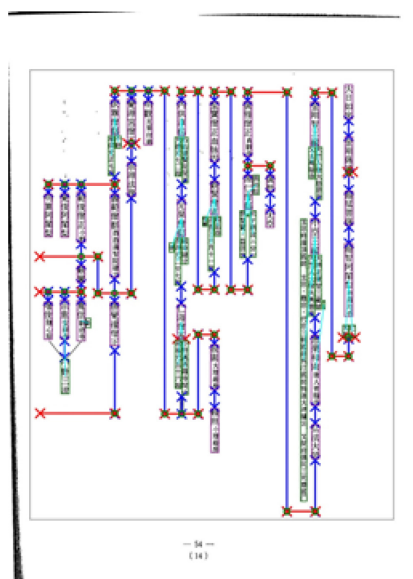


図 12 「秘密眞言相承血脉」の単純な認識結果
Figure 12 Simple detection result of
“Himitsushingonsojokechimyaku”.

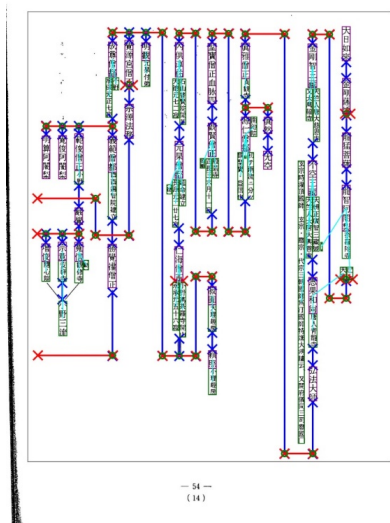


図 13 「秘密眞言相承血脉」の最終的な認識結果
Figure 13 Final detection result of
“Himitsushingonsojokechimyaku”.

であり、成賢僧正と道教僧都を結ぶ縦線と、これに交差する横線とは、連結する必要がある。それに対し図 11(b)では、宗源法務の下に延びる線分は、横線・縦線と繋がりながら、次のページの人物(良雅阿闍梨)の上部に延びている。途中の横線が、義範僧都から下に延びる縦線および範俊僧正と嚴覺を結ぶ縦線と交差しているが、いずれも非連結と判断するのが適切である。

これまでの系図処理プログラムでは、線分の交差を、その形状(L字型, T字型, 十字型)を問わずに1つの配列に格納していた。交点, その縦線・横線の両方の線分の端(端の座標から, 線

分の長さの0.1倍以内)にないものを, 十字型交差とし, 「秘密眞言相承血脉」では6箇所の十字型交差を検出した(「東寺眞言宗血脉」にも1箇所見られる)。

十字型交差に対して, その連結性判定は, 交差する横線の右端と交差する縦線を起点に, 辿っていくことによって行う。最終的に縦線の下端で終わったとき, 人物名の上部と結び付けられ, 交差の縦線を上に辿って得られる人物がその親となることを意味し, 連結とした。最終的に縦線の上端で終わったとき, 人物名下部と結び付けられ, その人物には他に親がいることを意味し, 非連結とした。この結果, 「秘密眞言相承血脉」では, 十字型交差で連結が3箇所, 非連結が3箇所となり, 系図処理オブジェクトの交差に関する配列から非連結の交差を除外した。

図2の系図画像に対して, ここまでに述べた処理を取り入れなかったときの認識結果を図12, 取り入れたときの認識結果を図13に示す。

5. あとがき

本稿では「東寺眞言宗血脉」および「秘密眞言相承血脉」への適用を通して, より効果的に系図からの情報抽出および関連付けをするための手法を述べ, その実施結果を示した。

今後の課題として, 他の系図への適用, データベースとの連携(例えば, 系図処理オブジェクトからSQL文への変換), 検索・閲覧・修正のためのWebインタフェースの開発などが挙げられる。

謝辞

大阪大谷大学 宇都宮啓吾教授および凸版印刷株式会社 大澤留次郎氏よりコンテンツならびにご助言をいただきました。感謝申し上げます。

本研究はJSPS 科研費 JP17H02342 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 永井謙也, 村川猛彦, 大澤留次郎, 宇都宮啓吾: 系図からのデータ自動取得の試み, 人文科学とコンピュータシンポジウム(じんもんこん2017) 論文集, pp.15-22 (2017).
- [2] 村川猛彦: 系図処理プログラムの開発および公開, 情報処理学会研究報告, Vol.2018-CH-117, No.7, pp.1-7 (2018).
- [3] Sugiyama, S., Ikuta, A., Yokozawa, D., Hiratsuka, S., Shibata, M. and Matsuura, T.: Displaying Genealogy with Mythological Relations by Using the WHiteBasE Method, 人文科学とコンピュータシンポジウム(じんもんこん2017) 論文集, pp.75-82 (2017).
- [4] 坂本正仁: 東密血脉譜叢刊(一) 東寺眞言宗血脉, 豊山学報, No.31, pp.27-52 (1986).
- [5] 坂本正仁: 東密血脉譜叢刊二 眞言相承諸流血脉図, 豊山学報, No.40, pp.41-79 (1997).