

令和元年9月11日現在

機関番号：21602

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02825

研究課題名(和文) 注釈付き視覚情報表示のための動的構成最適化に関する研究

研究課題名(英文) Dynamic layout optimization for annotated information visualization

研究代表者

高橋 成雄 (Takahashi, Shigeo)

会津大学・コンピュータ理工学部・教授

研究者番号：40292619

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、注釈ラベルがテキストと視覚情報(イラストや画像を含む)の両方で構成されている場合でも、ユーザーの視覚分析のコンテキストに従ってテキスト注釈ラベルを動的に選択し配置する最適化問題に取り組み、対応する科学的定式化と体系的な計算アルゴリズムを構築することにある。その結果として、地図の直接および間接的ラベル配置におけるスケールに応じた動的配置、漸進的最適化による図式的路線図上の動的ラベル配置、動的集合図における段階的アニメーションの最適化、およびアイトラッカーを用いた地図注釈ラベルのコンテキストに依存した配置などの成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

データ可視化においては、さまざまな技法により複雑な情報が画像情報に変換され、人の理解を効果的に理解する手助けを提供する。しかし、近年それらのデータに付随する追加情報が多く提供されるようになり、画像情報に注釈として文字情報を混在させる必要性が増大している。本研究の成果は、テキストとビジュアルの混在した情報配置問題において、ユーザのデータ解析の意図に応じた注釈情報を効果的に提供する基礎技術を実現した点において学術的意義をもち、さらに今後より複雑化するデータをより効果的に視覚を通して理解できる手段を提供する点において社会的な意義をもつ。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research is to tackle optimization problems for dynamically selecting and placing annotation labels according to the contexts of users' visual analysis even when the annotation labels consist of both texts and visual information (including illustrations and images), and then construct the corresponding scientific formulations and systematic computational algorithms. Our results include scale-adaptive placement of both internal and external map labels, dynamic label placement on schematic railway maps through progressive optimization, optimization of step-wise animation in dynamic set diagrams, and context-aware placement of map annotation labels using eye-trackers.

研究分野：可視化

キーワード：可視化 注釈付き視覚情報 ラベル配置 動的最適化 コンテキスト 地図 アイトラッカー

## 1. 研究開始当初の背景

ビッグデータの時代において、膨大なデータを視覚情報に変換する**可視化技術**は、データに内在する複雑な特徴を理解する上での必須の道具となってきている。ところが、このような可視化技術により得られる視覚情報の解釈には、一般的に可視化技術に対する理解や慣れが必要であり、データに精通している分析者にも敷居が高いとされている。そのため、テキストやビジュアル(イラストや画像など)の補助的な情報である**注釈**をラベルとして視覚情報上に適切に配置することは、その可読性を向上させるための重要な鍵となる。

しかし、この**注釈付き視覚情報**を実際に構成する際には、ふたつの問題に直面する。ひとつは、データ分析者であるユーザの興味対象などの視覚分析の**コンテキスト**に応じた**注釈情報の適切な選択**、もうひとつは、限られたスクリーン空間内における、テキスト及びビジュアル**注釈情報の適切な配置**である。このような、ユーザの視覚分析のコンテキストに応じた、テキスト及びビジュアルの注釈情報の適切な配置問題は、より付加的な情報が利用可能となった現在のデータ可視化においても、喫緊の技術的な課題として位置づけられていた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、このように適切なテキスト注釈情報とともにビジュアル注釈情報を構成する問題を、ユーザの視覚分析興味対象を**コンテキスト**として抽出し、そのコンテキストに応じた注釈情報の**選択と配置**に関する**動的最適化問題**として定式化することにある。さらに、それに必要な計算アルゴリズムの構築を行うことで、対象データの理解を促進する視覚分析をより積極的に支援を行っていく。本研究の基礎は、応募者は近年までに行っていた視覚情報の**静的な最適配置問題**の定式化にあり、これをコンテキストに応じた**動的最適化配置問題**に高度化することで、視覚情報表現における可読性の飛躍的な向上を図っていく。

## 3. 研究の方法

本研究計画では、コンテキストに応じた注釈付き視覚情報表示の動的構成最適化を実現するために、以下の6つの技術課題に取り組んだ。ここで前述のコンテキストに応じた注釈情報の最適選択は課題A)、B)、C)に対応し、注釈情報の最適配置は課題D)、E)、F)に対応している。

- A) **テキストと画像の注釈ラベルに潜在するトピックモデルの構築**: 注釈情報としてテキスト及び画像の2つの集合を想定し、そのそれぞれに潜在するトピックを抽出する。
- B) **注釈ラベルのトピック集合と視覚要素のコンテキスト集合間の対応付け**: 視覚情報を構成するコンテキスト集合が既知であるとし、先に得られた注釈ラベルのトピック集合とコンテキスト集合間の対応付けを行う。
- C) **コンテキストの抽出と視覚情報を構成する視覚要素への関連付け**: アイトラッカーなどの視覚インタフェースから得られる情報を用いて、視覚分析コンテキストの抽出と、視覚情報を構成する視覚要素間を適切に関連付ける。
- D) **コンテキストに応じた視覚要素配置最適化**: コンテキストに応じた視覚要素の最適配置を、制約やコスト関数の定式化を通して最適化問題に帰着させる。
- E) **コンテキストに応じた注釈ラベル配置可能領域の同定**: コンテキストに応じて視覚要素と注釈ラベルの重複の可否を評価することで、注釈ラベルの配置可能領域(ラベリング空間)を動的に更新するアルゴリズムを構築する。
- F) **時空間的な一貫性を伴う動的ラベル配置の最適化**: スクリーン空間における視覚要素や注釈ラベルの配置最適化を行う際に、コンテキストの変化に対応しかつ時空間に関し連続となる動的配置を実現し、可読性の高い視覚情報表現を生成する。

## 4. 研究成果

### 4. 1 地図の直接的および間接的ラベル配置におけるスケールに応じた動的な配置

一般的に PC やタブレットなどで利用されるデジタル地図においては、その地図スケール(縮尺)の違いにより、配置できる地名ラベルの個数に制限が生じる。さらに対話処理により地図スケールが変更されると、地名ラベルが予期しないかたちで出現や消滅をしたり、その配置が突然変更されたりするなどの問題も生じる。本研究では、この地図スケールの変化に頑健で、一貫性を保持できる地図ラベルの最適配置を、注釈対象である参照点に直接的にラベルを配置する方法(内部ラベリング)と、参照点から間接的にリーダー線を介してラベルを配置する方法(外部ラベリング)の2つの手法において実現した。さらに、スケールの変化に対し必要に応じてラベルがなめらかに移動できる機構を導入することに成功した。(図1および文献[13]参照。)

### 4. 2 漸進的最適化による図式的路線図上の動的ラベル配置

図式的路線図においては、各路線が縦横斜めに配置されることで、路線網のつながりに関する

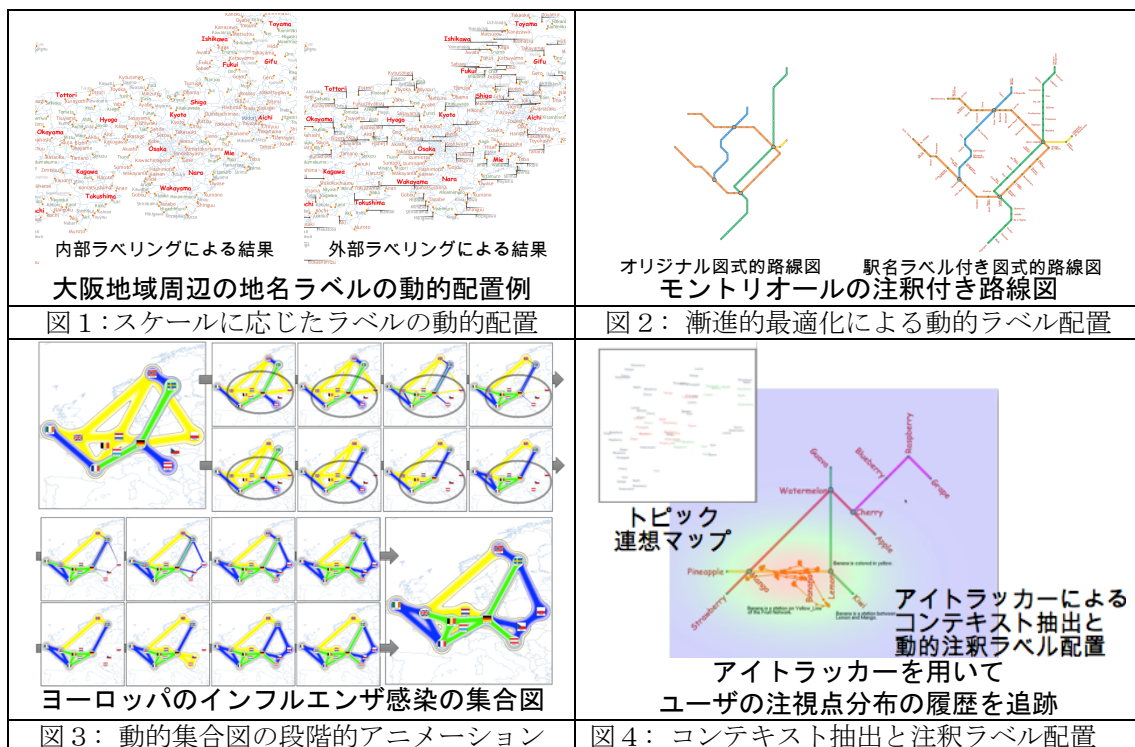
可読性の向上を図っている。この図式的路線図に、駅名などの注釈ラベルを配置するためには、もともとある路線図のかたちを最大限尊重し、不必要な変形を避ける必要がある。本研究では、与えられた図式的路線図を構成する各路線の方向は保持し、その長さを適宜延長して、各駅の周辺にラベルを配置する空間を創出する手法を実現した。具体的には、路線図上の測地線距離を参照して各駅の路線図中心からの距離を計算し、その距離に応じてひと駅ずつ、中心部から周辺地域に駅名ラベルを追加し配置するアルゴリズムを実装し、その有効性を示した。(図2および文献[6]参照。)

#### 4. 3 動的集合図における段階的アニメーションの最適化

ベン図やオイラー図などの複数の集合における要素の包含関係を表す集合図の自動生成は、可視化分野においても重要課題と位置づけられ集中的に研究が行われている。しかしながらその時間推移における集合と要素の包含関係の変化の可視化は、ほとんど未着手の状態であった。本研究は、集合と要素の包含関係の時間変化の可視化を、まず対象の包含関係の推移を原始的な変化群に分解し、その変化群の適切に順序付けて段階的にアニメーションとして表示することで、実現を図った。ここでは、従来研究が行われてきた時間変化を伴うグラフの可視化技法を拡張するとともに、集合と要素の原始的な変化群を提示する順番に関する目的関数を適切に定義することで、最終的に最適化問題として定式化を図っている。アイトラッカーによる実験やアンケートによるユーザスタディなどもあわせて行い、提案手法の有効性を検証した。(図3および文献[3]参照。発表論文は国際会議 EuroVis2019 において Honorable mention を受賞。)

#### 4. 4 アイトラッカーを用いた地図注釈ラベルのコンテキストに依存した配置

ユーザが視覚を介して情報を分析する際には、何かしらそこに特別な分析意図が存在することが多い。そのような意図に応じて、提示する視覚情報を動的に変更することで、ユーザの視覚分析をより効果的に支援することが可能となる。本研究では、そのような視覚分析の意図をコンテキストと定義し、そのコンテキストに応じた地図情報提示手法の定式化を図った。具体的には、まず地図情報に付随するテキスト注釈情報に、あらかじめ地図に含まれる地名の空間的な配置に関する情報を含めておき、そのテキストから重要なトピックの抽出及びその関連性を定義する連想マップを構築する。そして、アイトラッカーを介してユーザの視覚注意分布を得ることで、ユーザの視覚分析のコンテキストに見合うトピックを連想マップから類推し、そのトピックと関連が深いテキスト注釈ラベルを優先して提示することで、ユーザの視覚分析を支援する機構を構築した。(図4参照。)



#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 28 件)

- [1] Ken Maruyama, [Shigeo Takahashi](#), Hsiang-Yun Wu, Kazuo Misue, and [Masatoshi Arikawa](#), Scare-Aware Cartographic Displacement Based on Constrained Optimization, Proc. 23th International Conference on Information Visualisation 2019 (IV2019), Paris, France, pp. 74-80, July, 2019. DOI: 10.1109/IV.2019.00022 (Received a Best paper award at the IV2019 conference)
- [2] [Shigeo Takahashi](#), Ken Maruyama, Takamasa Kawagoe, Hsiang-Yun Wu, Kazuo Misue, and [Masatoshi Arikawa](#), Mental Map Preservation for Progressively Labeling Railway Networks, International Journal of Art, Culture and Design Technologies, Vol. 8, No. 1, pp 31-50, 2019. DOI: 10.4018/IJACDT.2019010103
- [3] Kazuyo Mizuno, Hsiang-Yun Wu, [Shigeo Takahashi](#), and Takeo Igarashi, Optimizing Stepwise Animation in Dynamic Set Diagrams, Computer Graphics Forum (Proceedings of EuroVis 2019), Vol. 38, No. 3, pp. 13-24, 2019. DOI: 10.1111/cgf.13668 (Received an Honorable Mention at the EuroVis 2019 Conference)
- [4] 有川 正俊, 鶴岡 健一, Lu Min, まちあるき向けルート地図動機オーディオツアーと GPS 自動再生の可能性と限界, 文部科学省認定社会通信教育 秋田大学理工学部 通信教育講座 機関誌「テクネ」, Vol. 95, pp. 96-120, 2019.
- [5] [高橋 成雄](#), Hsiang-Yun Wu, [渡辺 一帆](#), 藤代 一成, 多変量データ可視化のための軸縮約可能並行座標表示, 画像ラボ Vol. 29, No. 11, pp. 23-32, 2018 (2018年11月号), 日本工業出版 (ISSN0915-6755).
- [6] Yuka Yoshida, Ken Maruyama, Takamasa Kawagoe, Hsiang-Yun Wu, [Masatoshi Arikawa](#), and [Shigeo Takahashi](#), Progressive Annotation of Schematic Railway Maps, Proc. 22th International Conference on Information Visualisation 2018 (IV2018), Salerno, Italy, pp. 373-378, July, 2018. DOI: 10.1109/iV.2018.00070
- [7] Yasuto Murakami, Takamasa Kawagoe, Michael Cohen, and [Shigeo Takahashi](#), Depth-Enhanced Tag Cloud Maps, Proc. 22th International Conference on Information Visualisation 2018 (IV2018), Salerno, Italy, pp. 122-127, July, 2018. DOI: 10.1109/iV.2018.00031
- [8] Byoungkwon An, Ye Tao, Jianzhe Gu, Tingyu Cheng, Xiang 'Anthony' Chen, Xiaoxiao Zhang, Wei Zhao, Youngwook Do, [Shigeo Takahashi](#), Hsiang-Yun Wu, Teng Zhang, and Lining Yao, Thermorph: Democratizing 4D Printing of Self-Folding Materials and Interfaces, Proc. 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18), Paper 260 (12 pages), 2018. DOI: 10.1145/3173574.3173834
- [9] Tsukasa Yoshida, [Kazuho Watanabe](#), Empirical Bayes Estimation for L<sub>1</sub> Regularization: A Detailed Analysis in the One-Parameter Lasso Model, IEICE Transactions on Fundamentals, Special Section on Information Theory and Its Applications, Vol. E101-A, No. 12, pp. 2184-2191, December, 2018. DOI: doi:10.1587/transfun.E101.A.2184
- [10] Ryota Konabe, [Kazuho Watanabe](#), Sparse Regression Code with Sparse Dictionary for Absolute Error Criterion, Proc. 2018 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT2018), pp.1515-1519, Vail, Colorado, USA, June, 2018.
- [11] Min Lu, [Masatoshi Arikawa](#), and Ayako Sugiyama, Location-Based Applications Using Analog Maps for Sustainable Local Tourism Information Services, Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, Vol. 53, No. 2, pp. 129-145, 2018. DOI: 10.3138/cart.53.2.2017-0004
- [12] Hsiang-Yun Wu, [Shigeo Takahashi](#), and Rie Ishida, Overlap-Free Labeling of Clustered Networks Based on Voronoi Tessellation, Journal of Visual Languages and Computing, Vol. 44, pp. 106-119, 2018. DOI: 10.1016/j.jvlc.2017.09.008
- [13] Hsiang-Yun Wu, [Shigeo Takahashi](#), Sheung-Hung Poon, and [Masatoshi Arikawa](#), Introducing Leader Lines into Scale-Aware Consistent Labeling, In Michael P. Peterson, editor, in Advances in Cartography and GIScience: Selections from the International Cartographic Conference 2017, Washington D.C., U.S.A., pp. 117-130, July, 2017, Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-57336-6\_9
- [14] Hsiang-Yun Wu, [Shigeo Takahashi](#), Sheung-Hung Poon, and [Masatoshi Arikawa](#), Scale-Adaptive Placement of Hierarchical Map Labels, Short Paper Proc. 19th Eurographics Conference on Visualization (EuroVis2017) pp. 1-5, The Eurographics Association, June, 2017. DOI: 10.2312/eurovisshort.20171124
- [15] Hsiang-Yun Wu, Yusuke Niibe, [Kazuho Watanabe](#), [Shigeo Takahashi](#) and Makoto Uemura and Issei Fujishiro, Making Many-to-Many Parallel Coordinate Plots Scalable by Asymmetric Biclustering, Notes Proc. 10th IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis2017), Seoul, Korea Republic, pp. 305-309, April, 2017.
- [16] [Kazuho Watanabe](#), Projection to Mixture Families and Rate-Distortion Bounds with Power Distortion Measures, Entropy, Vol. 19, No .6, Article-ID:262, 2017. DOI: 10.3390/e19060262

- [17] Kazuho Watanabe, Rate-Distortion Bounds for Kernel-Based Distortion Measures, *Entropy*, Vol.19, No.7, Article-ID:336, 2017. DOI:10.3390/e19070336
- [18] 小林 真佐大, 渡辺 一帆, ディリクレ過程平均法のレートひずみ理論による解釈, *電子情報通信学会論文誌A*, Vol. J100-A, No. 12, pp. 475-486, 2017.
- [19] Kazuho Watanabe, Rate-Distortion Dimension and Bayesian Learning Coefficient, *Proc. 2017 Workshop on Information Theoretic Methods in Science and Engineering*, pp. 34-37, Paris, France, September, 2017. (Invited)
- [20] Kazuho Watanabe, Rate-Distortion Tradeoffs under Kernel-Based Distortion Measures, *Proc. 2017 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT2017)*, pp.1928-1932, Aachen, Germany, June, 2017.
- [21] Min Lu, Ruochen Si, Masatoshi Arikawa, Hideki Kaji, User-Generated Storytelling Based on Analog Maps with Local and Dynamic Georeferencing, *Proc. PNC (Pacific Neighborhood Consortium) 2017 Annual Conference and Joint Meetings*, Tainan, Taiwan, November, 2017. DOI: 10.23919/PNC.2017.8203534
- [22] Ruochen Si, Masatoshi Arikawa, Min Lu, Hideki Kaji, Timeline Collaging as an Extension of Map Collaging using Geo-Referencing and Time-Referencing, *Proc. PNC 2017 (Pacific Neighborhood Consortium) Annual Conference and Joint Meetings*, Tainan, Taiwan, November, 2017. DOI: 10.23919/PNC.2017.8203535
- [23] Fumiya Sato, Hsiang-Yun Wu, Shigeo Takahashi, and Masatoshi Arikawa, Extracting Important Routes from Illustration Maps Using Kernel Density Estimation, *Proc. International Symposium on Smart Graphics 2015 (Chengdu, China, August, 2015)*, Vol. 9317 of Springer Lecture Notes in Computer Science, pp. 167-174, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-53838-9\_14
- [24] Kouhei Yasuda, Shigeo Takahashi, and Hsiang-Yun Wu, Enhancing Infographics Based on Symmetry Saliency, *Proc. 9th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction (VINCI2016)*, Dallas, TX, USA, pp. 35-42, September, 2016. DOI: 10.1145/2968220.2968224.
- [25] Hsiang-Yun Wu, Shigeo Takahashi, Hiroko Nakamura Miyamura, Satoshi Ohzahata, and Akihiro Nakao, Inferring Partial Orders of Nodes for Hierarchical Network Layout *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 60, No. 6, 2016. DOI: 10.2352/J.ImagingSci.Technol.2016.60.6.060407
- [26] Rie Ishida, Shigeo Takahashi, and Hsiang-Yun Wu, Adaptive Blending of Multiple Network Layouts for Overlap-Free Labeling, *Proc. 20th International Conference on Information Visualisation 2016 (IV2016)*, Lisbon, Portugal, pp. 15-20, July, 2016. DOI: 10.1109/IV.2016.25
- [27] Kazuho Watanabe, Constant-Width Rate-Distortion Bounds for Power Distortion Measures, *Proc. IEEE Information Theory Workshop (ITW2016)*, Cambridge, UK, pp. 106-110, September, 2016. DOI: 10.1109/ITW.2016.7606805
- [28] Min Lu, Masatoshi Arikawa, and Atsuyuki Okabe, Classes for Creating Location-Based Audio Tour Content: A Case of User-Generated LBS Education to University Students, *Progress in Location-Based Services 2016*, Springer Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, pp. 375-398, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-47289-8\_19

〔学会発表〕 (計 17 件)

- [29] 伊東 慎平, 有川 正俊, 田山 稜大, 高橋 秋典, 異種空間センサ統合によるカメラに基づく屋内ナビゲーションの試み, 第 81 回情報処理学会全国大会, 2019.
- [30] 佐藤 蓮, 高橋 秋典, 有川 正俊, 視線情報に基づく観光パンフレット注目領域抽出システムの試作, 第 81 回情報処理学会全国大会, 2019.
- [31] 田山 稜大, 有川 正俊, 鴫田 星斗, 高橋 秋典, GPS 連動オーディオツアーを対象としたウォーキング言語のデザインと実装, 第 81 回情報処理学会全国大会, 2019.
- [32] 鴫田 星斗, 有川 正俊, 田山 稜大, 高橋 秋典, バーチャル・ジオフェンスの実装・実験とログ分析による改善, 第 81 回情報処理学会全国大会, 2019.
- [33] 高橋 秋典, 佐藤 蓮, 伊東 慎平, 有川 正俊, 視線によるグラフィックスデザイン投票システムの試み, 平成 30 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2018.
- [34] 高橋 秋典, 有川 正俊, 伊東 慎平, 佐藤 蓮, 司 若辰, 光学空間センサーを用いた高精度位置情報サービスの試み, 平成 30 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2018.
- [35] 有川 正俊, 司 若辰, 鴫田 星斗, 田山 稜大, 高橋 秋典, 点型ジオフェンスの定式化と実装による検討, 平成 30 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2018.
- [36] 有川 正俊, 田山 稜大, 鴫田 星斗, 司 若辰, 高橋 秋典, GPS 連動オーディオツアーのサービス操作のためのウォーキング言語, 平成 30 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2018.
- [37] Hsiang-Yun Wu, 高橋 成雄, 有川 正俊, Sheung-Hung Poon, スケールに関する一貫性を保持した地名ラベリングへのリーダー線の導入, 東京大学空間情報科学研究センター, 全国共同利用研究発表大会「CSIS DAYS 2017」, 2017

- [38] 高橋 成雄, 情報可視化における最適化モデルの定式化, 日本機械学会 計算力学部門設計情報駆動学会, 2017. (招待講演)
- [39] Kazuho Watanabe, Rate-Distortion Dimension and Bayesian Learning Coefficient, 2017 Workshop on Information Theoretic Methods in Science and Engineering, 2017. (Invited)
- [40] Hsiang-Yun Wu, 高橋 成雄, 有川 正俊, Sheung-Hung Poon, 異なるスケール存在範囲をもつ地図ラベルの一貫性を保持した配置, 東京大学空間情報科学研究センター, 全国共同利用研究発表大会「CSIS DAYS 2016」, 2016
- [41] 佐藤 史弥, 有川 正俊, Hsiang-Yun Wu, 高橋 成雄, 今井 浩, イラスト地図読者の視覚的注目点のシミュレーション手法, 日本地図学会 平成 28 年度定期大会, 2016.
- [42] Shigeo Takahashi, Schematizing Graphics for Visual Understanding, 8th International Conference on Graphics and Image Processing (ICGIP 2016), 2016. (Invited)
- [43] Shigeo Takahashi, Hsiang-Yun Wu, Masatoshi Arikawa, and Sheung-Hung Poon, Optimized Placement and Selection in Scale-Aware Map Editing, IEEE Visualization 2016 Posters, 2016.
- [44] Hsiang-Yun Wu, Shigeo Takahashi, Masatoshi Arikawa, Sheung-Hung Poon, Consistent Placement of Labels with Different Scale Ranges, IEEE Visualization 2016 Posters, 2016.
- [45] Kazuho Watanabe, Rate-Distortion Theoretic Views of Learning Problems, 2016 Workshop on Information Theoretic Methods in Science and Engineering, 2016. (Invited)

〔図書〕 (計 2 件)

- [44] Robert Biuk-Aghai, Jie Li, and Shigeo Takahashi, editors, Proc. 10th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction (VINCI 2017), 144 pages, 2017, ACM Press. (ISBN 978-1-4503-5292-5)
- [45] 高橋 成雄, ビジュアル情報処理-CG・画像処理入門-(改訂新版), 第 2 章 モデリング(執筆担当), pp. 47-72, 2017. (ISBN 978-4903474571)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

Shigeo Takahashi Web Page: <http://www.tak-lab.org/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：渡辺 一帆  
 ローマ字氏名：Kazuho Watanabe  
 所属研究機関名：豊橋技術科学大学  
 部局名：大学院工学研究科  
 職名：講師  
 研究者番号 (8 桁)：10506744

研究分担者氏名：有川 正俊  
 ローマ字氏名：Masatoshi Arikawa  
 所属研究機関名：秋田大学  
 部局名：大学院理工学研究科  
 職名：教授  
 研究者番号 (8 桁)：30202758

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：ウー シャンユン  
 ローマ字氏名：Hsiang-Yun Wu  
 所属研究機関名：TU Wien

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。