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

Title	計算法科学データ分析可視化統合環境の開発
Sub Title	Development of an integrated environment for forensic visual analytics
Author	藤代, 一成(Fujishiro, Issei) 清木, 康(Kiyoki, Yasushi) 芽, 暁陽(Mao, Xiaoyang) 竹島, 由里子(Takeshima, Yuriko) 早瀬, 敏幸(Hayase, Toshiyuki) 安達, 登(Adachi, Noboru) 猩々, 英紀(Shojo, Hideki) 豊浦, 正広(Toyoura, Masahiro) 王, 雲海(Wang, Yunhai)
Publisher	
Publication year	2017
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2016.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では, 計算法科学データ分析可視化統合環境を開発した。まず, 解剖タスクを標準化するために, 法科学オントロジーを定義した。次にこのオントロジーに基づいて, 専用の法科学マークアップ言語LMMLを設計し, そのオーサリングツールとブラウザを開発した。この環境を利用して, 個別3次元人体モデルの自動生成や生体内外統合血流シミュレーションや可視化を実行することができる。これにより, 複雑な証拠データ間の相互関係を明らかにする分析可視化が実行できるようになった。 In this study, we developed an integrated environment for forensic visual analytics. First of all, we defined the forensics ontology to standardize autopsy tasks. Then, we built on the ontology to design a legal medicine mark-up language, called LMML, and implemented designated authoring tool and browser. Users are allowed to generate an individual injured body model in 3D and performed internal and external blood flow simulation and visualization. The developed environment enabled visual analytics to clarify complex mutual relationships among evidences obtained through autopsy and on-the-spot investigation.
Notes	研究種目：基盤研究(A)(一般) 研究期間：2014～2016 課題番号：26240015 研究分野：応用可視化設計
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_26240015seika

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.

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２９ 年　 ６ 月 １２ 日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究(A)（一般）
研究期間：2014～2016
課題番号：２６２４００１５

研究課題名（和文）計算法科学データ分析可視化統合環境の開発

研究課題名（英文）Development of an Integrated Environment for Forensic Visual Analytics

研究代表者
藤代　一成（Fujishiro, Issei）

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・教授

研究者番号：００１８１３４７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　33,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では，計算法科学データ分析可視化統合環境を開発した．まず，解剖タスクを標準化するために，法科学オントロジーを定義した．次にこのオントロジーに基づいて，専用の法科学マークアップ言語LMMLを設計し，そのオーサリングツールとブラウザを開発した．この環境を利用して，個別3次元人体モデルの自動生成や生体内外統合血流シミュレーションや可視化を実行することができる．これにより，複雑な証拠データ間の相互関係を明らかにする分析可視化が実行できるようになった．

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed an integrated environment for forensic visual analytics. First of all, we defined the forensics ontology to standardize autopsy tasks. Then, we built on the ontology to design a legal medicine mark-up language, called LMML, and implemented designated authoring tool and browser. Users are allowed to generate an individual injured body model in 3D and performed internal and external blood flow simulation and visualization. The developed environment enabled visual analytics to clarify complex mutual relationships among evidences obtained through autopsy and on-the-spot investigation.

研究分野：応用可視化設計

キーワード：計算法科学　オントロジー　構造化文書　分析可視化　人体モデル　血流シミュレーション

１．研究開始当初の背景

裁判員制度は2009年5月にスタートしたが，裁判員経験者8,300人余を対象に実施した最高裁のアンケート調査結果報告書（平成24年度）によれば，審理の理解しやすさを肯定した割合は開始時の調査より12ポイント低下し，58.6%に留まっている．

刑事裁判の本質は，様々な状況や物的証拠をもとに事件の核心を捉え，的確な量刑を決定することにあるが，種類や性質も異なるデータを相互に関連づけて理解することは難しい．特に殺傷事件を審理する場合，裁判員の理解を阻害する主要因は，鑑定書に基づく検察・被告弁護双方の答弁内容に現れる医学的所見の複雑さにある．鑑定書で利用される医学用語は通常耳にすることがない特殊なものであり，しかも撮影された損傷の写真は局部単位で撮影され，本文の対応記述とは記号を介して相互参照されているだけである．したがって解剖学的な基礎知識なしには，司法関係者ですら損傷の生成過程を完全に理解することはきわめて難しい．ましてや生々しい写真を何枚も詳細に観察し，頭の中で遺体の損傷を3次元的に再構成させられることは，裁判員にとって心的外傷後ストレス障害に繋がりかねない強いストレスのタスクである．さらに裁判員は，このような解剖データだけでなく，現場の写真や各種捜査情報等性質やスケールの異なるビッグデータを相互に関連づけて，事件の残忍性や事故の社会的重大性を総合的に判断する必要がある．

「裁判員裁判における検察の基本方針」(最高検察庁，2009年2月）では，法医鑑定書の要求項目として，(1)迅速な鑑定書作成，(2)抄本作成の容易化，(3)専門用語の言換えや解説，(4)イラストの活用の4点を挙げている．いずれもICTの利活用による解決が期待されるが，特に項目(4)に関しては，その品質は制作者のスキルや医療専門性に強く依存しており，しかも現実の捜査や鑑定，裁判では守秘義務上アウトソーシングには頼れない点が課題として残されている．しかも，鑑定書内の記述の部分的に抽出．制作した単一の映像には主観的脚色の混入が避けられない．

一方，判断の客観性や量刑の妥当性を保つためには，過去の事案の参照が効果的である．現在でも判例集はデータベースとして公開されているが，残念ながらその記載内容は上層の審理内容に要約され，個人情報保護の観点から詳細な情報は省かれている．年間214万件近くも認知される刑法犯罪（法務省平成24年版犯罪白書）に盛り込まれた事実のビッグデータから，細かな粒度で要因を定量的に推定して得られる知見を再利用することによって，より的確に個々の事件の本質を捉え妥当な量刑に導くことができるはずである．

２．研究の目的

そこで本研究では，**計算法科学**（computational forensics）のための**データ分析可視化統合環境**を開発した．これがもたらす計算法科学ライフサイクルを**図１**に示す．そこでは，鑑定や捜査から得られる様々なマルチスケール・マルチモーダルデータを相互に関連づけてより高度な分析可視化が実行できる．そして，分析可視化や知見再利用の過程を裁判員に対して透明化できれば，検察・被告弁護側双方の答弁で，鑑定書の中から解剖や現場検証のデータが恣意的に選択され，裁判員が事実の精査よりも陳述のニュアンスのような感覚的印象に左右されて事案の評価を強いられることなく，争点を適応的に明確化できるようになる．また検察側も事案の特徴に合わせて適切に視覚的刺激を緩和して証拠を呈示できる一方，必要であれば，裁判員側には原画像の閲覧や加工の実際を確認する機会も与えられるようになる．

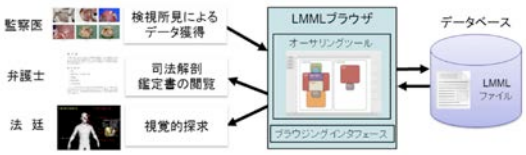


図1：計算法科学ライフサイクル

３．研究の方法

計算法科学データ分析可視化統合環境を実現するために，4機関9名（連携研究者1名を含む）の研究者から構成される体制をとり以下のような3つの主要項目にそって研究を進めた．

【項目１】<u>計算法科学オントロジーの定義</u>

法科学分野に現れるデータや分析可視化タスクの実態を精査することにより，専用の計算法科学オントロジーを定義し，論理的基盤を形成する．

【項目２】<u>専用マークアップ言語 LMML の設計と専用処理系の開発</u>

現状では法医解剖に標準術式は存在せず，専門用語の語用法にも執刀医ごとに差異が認められる．これらを統一し，XMLをベースとして，客観性と普遍性をもつ計算法医学記述言語**LMML（Legal Medicine Mark-up Language）**を設計する．そして，メニュー選択と自由記述を組み合わせた専用のオーサリングツールを開発し，遺体の損傷や病変を示す，性質やスケールの相異なるマルチメディアデータ（写真，マルチモーダル断層撮影画像列，病理検査等）を所見と関連づけて対話的に編集可能にする．さらに，別途開発する専用ブラウザでLMMLファイルを対話的に閲覧可能にする．

【項目３】<u>分析可視化ツール群の整備</u>

計算法科学特有の分析手法に合わせて，LMML処理系とのリンクを前提とした分析可視化ツールを開発する．これが利用できれば，解剖医だけでなく，捜査官や裁判における利害

関係者に対し，第一人称的にオンサイトで what-if シナリオを実行できる．

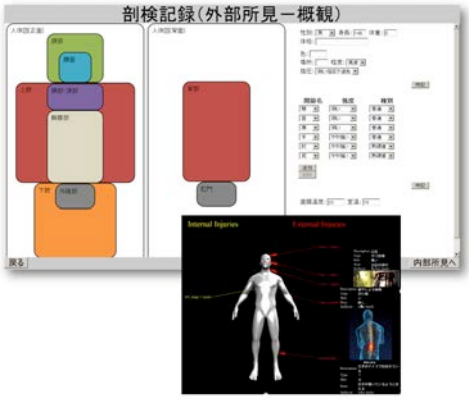
【副目標 3a】<u>個別 3 次元人体モデル自動生成ツール</u>：対象遺体のスキャンデータと，数値人体モデルデータ（NICT）として提供される標準デジタル人体モデルとの特徴点マッチングにより，変形した個人の人体モデルを構成し，解剖所見に基づき解剖学的に正確な 3 次元イラストが生成できるようにする．

【副目標 3b】<u>生体内外統合血流シミュレータ</u>：法医学においてきわめて頻繁にみられる失血を伴う事案に対して，解剖の客観的な理解だけでなく，解剖所見や現場検証資料に基づいて，犯罪や事故シーンの様態を仮想的に再現するとともに，死因との因果関係を高い確率で究明する，旧来の法科学では実現できなかった分析的推論を実行できるツールを開発する．なお提案環境には，複数の先進的シミュレーションスキームや粒子ベース血流可視化法のプラグインを容易に実現するための機構を具備する．

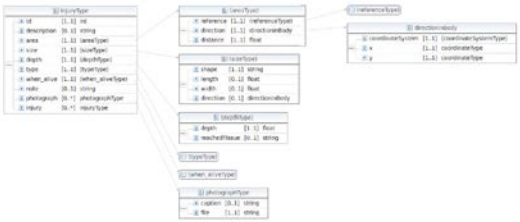
４．研究成果

(1)**図 1** に開発した LMML 処理系の実際を示す（学会発表⑧⑫⑭）．開発した計算法科学オントロジーに基づき，殺傷事件の鑑定タスクは日本法医学会で認定された術式の一つにそって標準化され，判読性の高いデジタル法医鑑定書の生成が容易になった．**同図(a)**には，遺体頭部の外部損傷や，生体内外血流シミュレータで再現された遺体表面の血液痕，さらには生傷器による致命傷を鑑定した結果例も表示されている．計算法医学オントロジーに基づくパラメタ化（**同図(b)**）により，実際の法医鑑定書に現れる主要な損傷パタンの 95%がカバーされ，解剖中の所見入力の効率化により誤入力発生率も激減した．また**同図(c)**は，旧来の書式で出力される鑑定書の例を示している．

(2) 分析可視化ツールの一つとして，標準人体モデルから個別化した 3 次元人体モデルを生成するモジュールを開発した（学会発表④）．**図 2** にその原理と結果を示す．このモジュールは，まず Kinect RGB-D センサを用いて，解剖室の天井から遺体全体をスキャンし，次に解剖中に解剖医が記録すべき損傷を発見すると，その場所に専用のレーザポインタからレーザ光を照射した位置も記録する（**同図(a)**）．続いて，計算法科学オントロジーで規定した解剖学的特徴点群（**同図(b)**）の変位を参照しながら，NICT 提供の標準人体の 3 次元メッシュモデルを遺体のスキャンデータにフィティングする（**同図(c)**）．**同図(d)**には，マネキンから損傷部位が遺体メッシュモデルにトランスファされる様子が示されている．本研究では体表面の損傷に対象を限定したが，解剖中に現れる解剖表面についても，スキャンと特徴点対応を実行すれば



(a) オーサリングツールとブラウザ



(b) 損傷を記述するXSD部分スキーマ

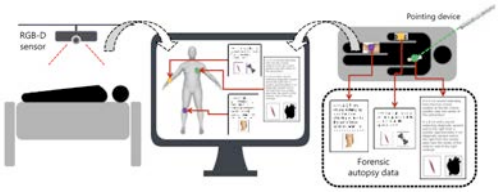
(C) 鑑定書出力例

図1：LMML処理系

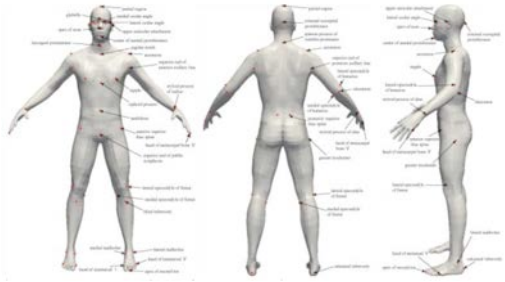
原理的にはボリュメトリックな拡張が可能である．さらに，CT/MRI 等の 3 次元撮像との連携が望まれる．

(3) 別の分析可視化ツールの一つとして，血流を中心とした関連事象の同定に生体内外統合シミュレーション技術と粒子ベース血流ビジュアライザを導入し，定量的評価を可能にした（**図 3**）．

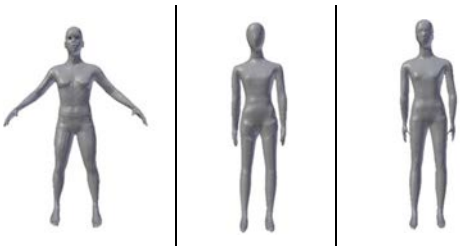
血流シミュレーションでは，循環器系の 0 次元解析モデルを基に，出血を伴う生体内外の血流解析モデルを開発した（学会発表⑪⑰）．モデル A とモデル B では，出血モデルを直接出血モデルと管路出血モデルとし，脈拍数と拍出量は一定，傷口外圧力は外出血として比較した．モデル C とモデル D では，管路出血とし，脈拍数モデルを血圧依存脈拍数変動と出血量依存脈拍数変動とし，拍出量は一定，傷口外圧力は外出血として比較した．モデル E では管路出血，血圧依存脈拍数変動とし，拍出量変動を考慮した外出血モデルとした．各解析モデルを用いて数値シミュレー



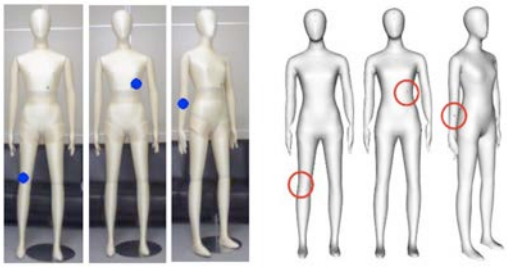
(a) 遺体および損傷の記録



(b) 解剖学的特徴点群



(c) フィッティング．左から標準人体，遺体スキャンデータ，遺体メッシュモデル

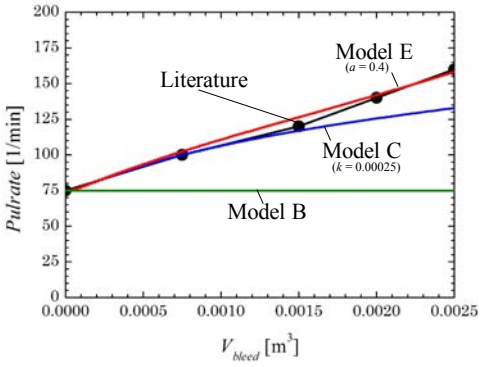


(d) 3 次元マネキンから遺体メッシュモデルへの損傷部位のトランスファ

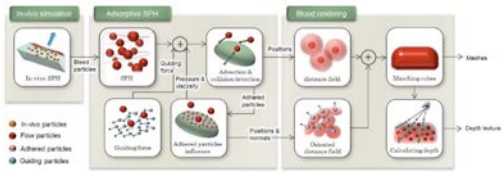
図 2：3 次元人体モデル生成

ションを行い，脈拍数変動や拍出量変動，傷口外圧力の変動が解析結果にもたらす影響の評価を行った．図 3(a)に出血量と脈拍数の関係について，文献値とモデル B，C，E の比較を示す．同図より，脈拍数変動および拍出量変動の双方を考慮したモデル E において文献値と最も近い結果が得られた．

一方，図 3(b)に GPGPU を用いた流血の可視化の枠組みを示す（学会発表⑯⑲）．我々は代表的な粒子ベースの粘性流動近似手法である SPH 法（雑誌論文①⑧）に準拠したうえで，可視化の表現力と時空間効率を両立させるために，4 種類の特別な目的をもつ粒子型を導入した．生体内粒子は，上記の血流解析との接点となる粒子で，傷口からの出血量と血圧を反映した流血モデルに従う．流血粒子は流血を描画する中心的な粒子で，空中での



(a) 出血量と脈拍数の関係の再現に関する文献値とモデル B，C，E の比較



(b) GPGPU を利用した流血可視化の枠組み

図 3：血流のシミュレーションと可視化

凝固現象に加えて，皮膚表面に停留する付着粒子への転移や複雑なパタンを伴う流血跡の形成を担う．ガイド粒子は，実際の遺体表面の流血パタンを手掛かりに，流血に関連するパラメタを推定するためのものである．図 1(a)には実際の可視化事例が示されている．

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 8 件，すべて査読有）

① Tetsuya Takahashi, Yoshinori Dobashi, Issei Fujishiro, and Tomoyuki Nishita: “Volume preserving viscoelastic fluids with large deformations using position-based velocity corrections,” *The Visual Computer*, Vol.32, No.1, pp.57-66, January 2016 (first online: December 2014) [doi:10.1007/s00371-014-1055-x].

② Hideki Shojo, Mayumi Tanaka, Ryoichi Takahashi, Tsuneo Kakuda, and Noboru Adachi: “A unique primer with an inosine chain at the 5'-terminus improves the reliability of SNP analysis using the PCR-amplified product length polymorphism method,” *PLoS One*, Vol. 10, No. 9, Article e0136995, September 2015 [doi:10.1371/ journal.pone.0136995].

③ Tetsuya Takahashi, Yoshinori Dobashi, Issei Fujishiro, Tomoyuki Nishita, and Ming C. Lin: “Implicit formulation for SPH-based viscous fluids,” *Computer Graphics Forum* (*Proceedings of Eurographics 2015*), Vol.34, No.2, pp.493-502, May 2015 [doi:10.1111/cgf.12578].

④ 植田吉宣，進藤廣成，安達 登，山根貴夫，齋藤元伸，亀岡信悟：「13 歳の特発性胃破

裂の 1 例」, 日本臨床外科学会誌，76 巻，11 号，2724 頁-2728 頁，2015 年 5 月

⑤ Wahjoe Tjatur Sesulihatien and Yasushi Kiyoki: “A dengue location-contraction risk calculation method for analyzing disease-spread,” *Information Modelling and Knowledge Bases*, Vol. XXVI, pp.396-407, IOS Press, March 2015 [doi:10.3233/978-1-61499-472-5-396].

⑥ Hiroaki Nakanishi, Hideki Shojo, Takashi Ohmori, Masaki Hara, Aya Takada, Noboru Adachi, and Kazuyuki Saito: “A novel method for sex determination by detecting the number of X-chromosomes,” *International Journal of Legal Medicine*, Vol.129, No.1, pp.23-29, January 2015 [doi:10.1007/s00414-014-1065-2].

⑦ 竹島由里子，藤代一成，高橋成雄，早瀬敏幸：「2 次元時系列流動データのための位相ベースビジュアルデータマイニング」，画像電子学会誌，43 巻，3 号，357 頁-366 頁，2014 年 7 月［画像電子学会最優秀論文賞受賞，竹島は西田賞受賞］

⑧ Tetsuya Takahashi, Tomoyuki Nishita, and Issei Fujishiro: “Fast simulation of viscous fluids with elasticity and thermal conductivity using position-based dynamics,” *Computers & Graphics*, Vol.43, pp. 21-30, July 2014 [doi:10.1016/j.cag.2014.06.002] (invited talk at *Shape Modeling International 2015*, Lille, France, June 24, 2015).

〔学会発表〕（計 20 件）

① 中田聖人，藤代一成：「解剖学的構造とその挙動を考慮した手の陰的モデリング」，映像表現・芸術科学フォーラム 2017 予稿集 USB,（映像情報メディア学会技術報告，41 巻 12 号 53 頁-56 頁，AIT2017-58），お茶の水女子大学（東京都文京区），2017 年 3 月 14 日

② Masahiro Toyoura, Takumi Tanaka, Atsushi Sugiura, and Xiaoyang Mao: “Eye Tracking by Head Motion History,” in *Proceedings of the 5th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC2017)*, Article 4B-3, Da Nang, Vietnam, March 2, 2017.（査読有）

③ Yuriko Takeshima and Issei Fujishiro: “Multisensory realization using topology-accentuated visualization,” in *Proceedings of the 5th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC2017)*, Article 4B-1, Da Nang, Vietnam, March 2, 2017.（査読有）

④ Junki Mano, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, Hideki Shojo, Noboru Adachi, and Issei Fujishiro: “Human-body modeling and position specification for forensic autopsy data visualization,” in Proceedings of the 5th IIEEJ *International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC2017)*, Article 3B-5, Da Nang, Vietnam, March 2, 2017.（査読有）

⑤ Yuta Hayakawa and Issei Fujishiro: “2D fluid shape design by direct manipulation,” in *Proceedings of the 5th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing* (*IEVC2017*), Article 3B-2, Da Nang, Vietnam, March 2, 2017.（査読有）

⑥ Yuriko Takeshima, Shigeo Takahashi, and Issei Fujishiro: “Parameter-setting for topology-accentuated transfer function for volume raycasting,” in *Proceedings of the Seventh International Workshop on Topological Methods in Visualization (TopoInVis2017)*, Keio University, Minato-Ku, Tokyo, February 27, 2017.（査読有）

⑦ Shiori Hikichi and Yasushi Kiyoki: “MicroSIA: A Gut-microbes information-extraction method with semantic inverse analysis for discovering unique bacteria-combinations in nationality,” in *Proceedings of 11th International Conference on Semantic Computing (IEEE ICSC 2017)*, pp. 9-16, San Diego, USA, January 31, 2017 [doi:10.1109/ICSC.2017.65].（査読有）

⑧ 藤代一成，Malik Olivier Boussejra：「LMML：計算法科学可視化環境」，KEIO TECHNO-MALL 2016（第 17 回慶應科学技術展），No.17，東京国際フォーラム（東京都千代田区），2016 年 12 月 16 日

⑨ Yuya Saito, Toshiyuki Hayase, Suguru Miyauchi: “Zero-dimensional simulation of internal and external blood flows considering autonomic nervous system,” in *Abstracts Book of the 16th International Conference on Biomedical Engineering*, p.160, NUS, Singapore, December 9, 2016.

⑩ 清水貴大，中山雅紀，藤代一成：「呼吸動作キャプチャによる生命感の表現：ボーンモデルから 3D メッシュモデルへの拡張に向けて」，画像関連学会連合会 第 3 回秋季大会 予稿 D08，京都工繊大学（京都府京都市），2016 年 11 月 18 日

⑪ Yuya Saito, Toshiyuki Hayase, Suguru Miyauchi: “Zero-dimensional simulation of internal and external blood flows of a human body: Comparison of internal and external bleedings,” in *Proceedings of the 13th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2016)*, Sendai International Center, Sendai, Miyagi, October 11, 2016.

⑫ Malik Olivier Boussejra, Noboru Adachi, Hideki Shojo, Ryohei Takahashi, and Issei Fujishiro: “LMML: Describing injuries for forensic data visualization,” in *Proceedings of SAS NICOGRAPH International 2016*, IEEE Xplore, p.153, Hangzhou, China, July 7, 2016 [doi:10.1109/NicoInt.2016.45]

(received Best Poster Award).（査読有）
⑬ Xiaoyang Mao and Masahiro Toyoura: “Saliency map for images with leading lines,” in *Proceedings of SAS NICOGRAPH International 2016*, IEEE Xplore, p.151, Hangzhou, China, July 7, 2016 [doi: 10.1109/NicoInt.2016.44].（査読有）
⑭ Malik Olivier Boussejra, Noboru Adachi, Hideki Shojo, Ryohei Takahashi, and Issei Fujishiro: “LMML: Initial developments of an integrated environment for forensic data visualization,” in *Proceedings of 18th EG/IEEE VGTC Conference on Visualization* (*EuroVis2016*), Groningen, Netherland, June 9, 2016 [doi:10.2312/eurovisshort. 20161157].（査読有）
⑮ Yuriko Takeshima and Issei Fujishiro: “Ontology-supported design of visualization workflows in fluid science,” in *Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2015 Symposium on Visualization in High Performance Computing*, Article No.5, Kobe Convention Center, Kobe, Hyogo, November 2, 2015 [doi:10.1145/2818517.2818524].（査読有）
⑯ Kazuhide Ueda and Issei Fujishiro: “Adsorptive SPH for directable bleeding simulation,” in *Proceedings of 14th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry* (*VRCAI2015)*, pp.9-16, Kobe Port Island Center, Kobe, October 31, 2015 [doi:10.1145/ 2817675. 2817684]（査読有）(received Best Paper (First Prize) Award).
⑰ Yuya Saito, Toshiyuki Hayase, Suguru Miyauchi: “Zero-dimensional simulation of internal and external blood flows of a human body,” in *Proceedings of 12th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2015)*, pp.462-463, Sendai International Center, Sendai, Miyagi, October 29, 2015.
⑱ Norihide Kaneko, Reo Takahashi, and Issei Fujishiro: “Motion puppetry taking skeletal similarity into account,” in *Proceedings of 28th International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA2015)*, NTU, Singapore, May 13, 2015.（査読有）
⑲ Kazuhide Ueda and Issei Fujishiro: “Splashing liquids with ambient gas pressure,” in *Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2014 Technical Briefs*, No.6, Shenzhen, China, December 4, 2014 [doi:10.1145/2669024.2669036].（査読有）
⑳ Tetsuya Takahashi, Issei Fujishiro, and Tomoyuki Nishita: “Visual simulation of compressible snow with friction and cohesion,” in *Proceedings of SAS NICOGRAPH International 2014*, pp.35-42, Visby, Sweden, May 31, 2014.（査読有）

〔その他〕
ホームページ等
① 慶應義塾大学理工学部藤代研究室
http://fj.ics.keio.ac.jp
② 五十嵐悠紀：「慶應義塾大学の藤代一成教授に聞く，法科学や医療にも CG が活用される時代について」, 2015 年 5 月 25 日
－ エンジニア type
http://engineer.typemag.jp/article/yuki-igarashi45
－ Yahoo!ニュース
http://bylines.news.yahoo.co.jp/yukiigarashi/20150525-00046022

６．研究組織

(1)研究代表者
藤代 一成（FUJISHIRO, Issei）
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：００１８１３４７

(2)研究分担者
清木　康（KIYOKI, Yasushi）
慶應義塾大学・環境情報学部・教授
研究者番号：１０１６９９５６

茅　暁陽（MAO, Xiaoyang）
山梨大学・総合研究部・教授
研究者番号：２０２８３１９５

竹島 由里子（TAKESHIMA, Yuriko）
東京工科大学・メディア学部・准教授
研究者番号：２０３１３３９８

早瀬 敏幸（HAYASE, Toshiyuki）
東北大学・流体科学研究所・教授
研究者番号：３０１３５３１３

安達　登（ADACHI, Noboru）
山梨大学・総合研究部・教授
研究者番号：６０２８２１２５

猪々 英紀（SHOJO, Hideki）
山梨大学・総合研究部・准教授
研究者番号：６０２８４６２６

豊浦 正広（TOYOURA, Masahiro）
山梨大学・総合研究部・准教授
研究者番号：８０５５０７８０

(3)連携研究者
王　雲海（WANG, Yunhai）
研究者番号：３０２４０５６８