

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：23901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12731

研究課題名(和文) 排尿画像データベースの構築と深層学習による排尿量推定

研究課題名(英文) Construction of Urination Image Database and Urinary Volume Estimation by Deep Learning

研究代表者

河中 治樹 (Kawanaka, Haruki)

愛知県立大学・情報科学部・准教授

研究者番号：90423847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、衛生陶器内の排尿動画に関するデータベースを構築し、それに基づく深層学習によって流量および流率を推定することを目的とした。コロナ禍の影響で実験は2年延期されてしまったが、最終年度には実際のトイレでの測定実験を実施できた。この実験により、弁鉢内の照明条件および撮影条件が明らかになるとともに、得られたデータセットを分析することで、画像内における尿の領域とカメラの設置位置・向きおよびその個数の条件についての情報、計測できた射出速度やその軌道および落下時間、流率の変化や非単調な流脈線など現実起きうる排尿パターンと流量・流率の関係性を吟味できるデータが多数得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

循環器系の患者の術後体調管理や経過観察において尿検査とくに排尿量の検査を毎日行うことが診断のための重要な情報になっている。要介護者などで検査用容器に自分の尿を集めることが困難である場合には、看護師や介護者によって採尿を支援してもらうことになるが、そうした容器による採尿は医療現場において大きな問題となっている。容器などに付いた尿を通じて院内感染するリスクが内在しているだけでなく、看護師や介護者の作業負担やそれによって本人の尊厳が損なわれることも問題視されている。本研究では病院や自宅の一般的なトイレで通常の排尿をするだけで尿流計測できる原理の確立を目的としている。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to construct a database of urination images in the toilet, and to estimate flow volume and flow rate by deep learning based on the database. The experiment was performed for two years due to the effects of the coronavirus pandemic, but in the final year, we were able to conduct a measurement experiment in an actual toilet. Through this experiment, we clarified the lighting and imaging conditions inside the toilet bowl, and by analyzing the data set obtained, we were able to clarify the conditions regarding the area of urine in the image, the position and orientation of the camera and the number of cameras. We obtained a large amount of data that could be used to examine the relationship between the actual urination pattern and the flow volume/rate the flow such as injection velocity, its trajectory and drop time, changes in the flow rate and non-monotonic streak line.

研究分野：情報工学

キーワード：画像計測 排尿量推定 機械学習

### 1. 研究開始当初の背景

循環器系の患者の術後体調管理や経過観察において尿検査とくに排尿量の検査を毎日行うことが診断のための重要な情報になっている。要介護者などで検査用容器に自分の尿を集めることが困難である場合には、看護師や介護者によって採尿を支援してもらうことになるが、そうした容器による採尿は医療現場において大きな問題となっている。容器などに付いた尿を通じて院内感染するリスクが内在しているだけでなく、看護師や介護者の作業負担やそれによって本人の尊厳が損なわれることも問題視されている。したがって、こうした検査を本人が日常的排尿行為で簡易に行えることが望まれている。しかし、これまでに国内外を問わずこれを解決するための技術的な研究はまだ無い。そこで、本研究では病院および在宅で日常的に計測が可能な仕組みとしてカメラによる尿流計測 (uroflowmetry) の原理を確立する。流量や流率の推定に向けては画像を利用したパターン認識の応用が考えられる。しかしながら、衛生陶器 (便器) 内に排出された尿の流れ方・跳ね方などは様々で単純な数理的モデルで表現できるものではない。

### 2. 研究の目的

上記のようにこれまでの技術的研究では実現が困難である排尿量計測において、本研究課題では、衛生陶器内の排尿の様子を撮影した画像 (動画) を大量に集めてデータベースを構築し、それに基づいて深層学習をして流量および流率を推定するための特徴量の自動抽出および回帰を実現するネットワークを生成することを目的とする。射出された流体の速度を計測する方法には表 1 に示すような超音波によるドップラー効果を利用したものなどがある。しかしながら、この方法では流速は測定できるものの、流体の体積や重量を測定することはできない。また、重量計は流体の質量を測定することはできるが、その流速を細かい時間分解能で測定することはできない。本研究で実現を目指す方法は患者の通常の排尿行為でその両方 (流速と体積) を同時に測定しようとするものである。

また、特別の装置を利用した尿流量測定ウロフロメトリー検査によって排尿中の時系列変化 (排尿曲線) を取得し、排尿障害を診断する医療行為がある。本研究での画像解析で得られる尿の射出速度はこうした排尿障害の検査にも利用できる。また、平均排尿速度のみならず任意の時点での速度を知ることができ、スパイク状の排尿曲線を観測することも可能となる。このように本研究は、排尿の画像計測に関する理論的・実験的根拠に基づく、排尿の新しい診断検査技術の実用化を目指すところに学術的な特徴がある。

### 3. 研究の方法

画像での流量計測を実現するために、まずは実験室に仮設した衛生陶器を用いて検討を行うが、画像内における尿の領域を抽出し、カメラの適切な設置位置・向きおよびその個数について調査する。この時、射出速度、その軌道および落下時間等から様々な模擬排尿を排出する器具を作製し、その運動と得られる動画の関係を分析する。この時点で映像の差異と流量・流率の関係性が表れる測定条件を明らかにする。尿道口径の個人差や射出速度が常に一定ではないことによる流率の変化、流脈線が単調にならない状況など現実に起きうる排尿パターンを網羅的に分析する。

また、病院や家庭のトイレで容易に計測できる装置の製作・アルゴリズムの構築をすることで便器の様式によらず計測を可能とし、それを病院内のトイレで実証実験することにより、撮影に必要な照明条件およびカメラのフレームレートやシャッター速度などの撮影条件を明らかにする。実排尿での計測調査および深層学習用の画像データベースの構築については千葉大学大学院看護学研究科の雨宮助教の協力のもと実施する予定となっている。実排尿を画像計測可能な場所や対象はほとんどなく、そうした計測環境を提供していただくなど研究協力を得られるのはこの研究課題に取り組む上で不可欠な要素のひとつでもある。以上のように、本研究では実排尿の流れ方に関する画像データベースを構築し、そこから流量と流率に関する特徴を深層学習可能出どうかを明らかにしようとするものである。

### 4. 研究成果

コロナ禍の影響で 2 年延期されてしまっていたが、2022 年度には実際のトイレで測定実験を実施した。実験は愛知県立大学の研究倫理審査委員会にて承認を得て、被験者にインフォームドコンセントを行った上で安全性に配慮をして実施した。

撮影は、RaspberryPi の広角カメラモジュールを用いた。排尿を行う性器が男性器と女性器で尿の軌道に差があり、一つのカメラでは両方の軌道をうまく撮影できないため、カメラを二つ用いた。また、カメラを設置する位置を確保するために補高便座を用いた。計 72 本の動画を撮影したが排尿が適切にフレームに収まっていない動画もあり、最終的に分析に使用できる動画総数は 33 本となった。

この実験により、画像計測に必要な照明条件および撮影条件が明らかになるとともに、深層学習用の画像データベースを構築することができた。計測データ数は延べ14人（男性5名、女性9名）でデータセット総数は33個となった。各データは排尿動画の他、年齢、性別、排尿前後の体重、ユーリパンを用いて採取した尿の重量、座位における局所の奥行き位置からなる。これは排尿量の画像計測用データセットとしては日本初となる。

得られたデータセットを分析することで、画像内における尿の領域とカメラの設置位置・向きおよびその個数の条件についても情報が得られた。計測できた射出速度やその軌道および落下時間等は模擬排尿とは異なって様々であり、流率の変化や非単調な流脈線など現実には起きうる排尿パターンと流量・流率の関係性を吟味できるデータが多数得られた。また、尿道口径の個人差や体系による着座位置の差や性別による性器位置の差など、これまでの模擬排尿では十分に考慮できていなかった点も明らかとなり、今後の分析や手法改善に欠かせない貴重なデータベースを構築できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山内 輝一郎, 河中 治樹, 小栗 宏次, 雨宮 歩
2. 発表標題 実排尿量推定における尤度ベースの背景モデルを用いた液体領域抽出
3. 学会等名 第62 回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Haruki Kawanaka
2. 発表標題 Biomedical Engineering from Toilets
3. 学会等名 2020 2nd International Conference on Computer Communication and the Internet (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩本 侑哉, 丹羽 悠介, 河中 治樹, 小栗 宏次
2. 発表標題 多重円柱モデルによる排尿量計測用の画像センサの洋式便器への組込み
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Niwa Yusuke, Haruki Kawanaka, Eiichi Watanabe, Koji Oguri
2. 発表標題 Experiment on Flow Estimation of Simulated Urination in a Western Style Toilet with Built-in Image Sensor
3. 学会等名 The 11th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	小栗 宏次  (Oguri Koji)  (00224676)	愛知県立大学・情報科学部・教授   (23901)	
研究 分担者	雨宮 歩  (Amemiya Ayumi)  (90778507)	千葉大学・大学院看護学研究科・助教   (12501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------