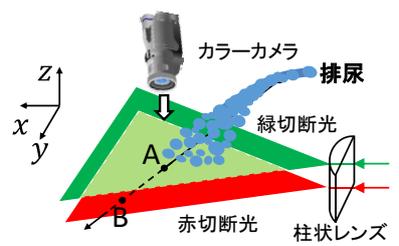
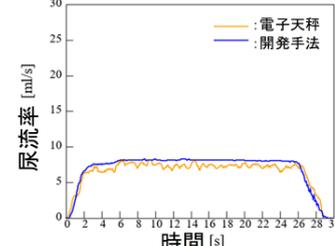


別紙様式3

京都ヘルスサイエンス総合研究センター共同研究に係る研究成果  
(ホームページ用)

グループ名	排尿可視化計測グループ		
	(所属)	(職名)	(氏名)
グループ長	京都工芸繊維大学機械工学系	教授	村田 滋
研究組織の体制	京都工芸繊維大学機械工学系	教授	村田 滋
	京都府立医科大学大学院医学研究科	教授	浮村 理
	京都府立医科大学大学院医学研究科	講師	内藤 泰行
	京都府立医科大学大学院医学研究科	講師	藤原 敦子
研究の名称	排尿動態可視化計測システムの実用化研究		
研究のキーワード (注1)	流体計測, 排尿動態, 動画像解析		
研究の概要 (注2)	<p>本研究ではカラーカメラと2色のレーザーを用いて、従来の排尿計測法で取得可能であった尿流率や排尿量、排尿時間等の情報に加えて、尿線の数や尿の分散度等の尿の形態情報を同時評価する排尿動態計測法(ビジュアルウロフロメトリー)の性能評価を行い、その実用化を目指した。開発した排尿動態計測法は、図1のように、2色のレーザー光を膜状に広げ、水平方向に高さを違えて排尿が落下する位置に照射し、照明を受けて可視化された排尿を鉛直上方から下向きにカラー高速度カメラで記録するもので、記録されたカラー動画像から排尿の落下速度と水平断面積を画像計測することで尿流率の時間変化を算出する。性能評価は、数値シミュレーションと実験で行い、特に実験では、模擬排尿装置を用いて様々な排尿パターンを再現し、図2のように電子天秤で同時計測した結果と比較することで測定結果の誤差を評価して、実用性を検証した。</p>		
			
	図1 カラー光切断による排尿計測法	図2 尿流率時間変化	

研究の背景	<p>泌尿器系疾患は、よく知られる前立腺肥大症（日本人男性の 60 歳代の 6%、70 歳代の 12%）、前立腺がん（日本の新規患者が 9 万人以上/年）を始め、脳梗塞・脊柱管狭窄・糖尿病性神経症など神経因性疾患が原因となるものなど多岐にわたる。こうした疾患は人の排尿機能（排尿動態）に影響を与えるが、医師が診断・治療に必要とする患者の排尿動態は、専門知識を持たない患者自身の主観的で曖昧な訴え・表現によって医師に伝えられてきた。一方、これまでの排尿計測では、尿流率および排尿量の評価のみが行われており、排尿の形態に関する情報を診断に用いるための計測方法は存在しなかった。排尿の射出形状と尿流率が関連していること、排尿障害の症状として尿線分割や尿線散乱、尿線途絶など尿線形状に異常が起きることから、尿の形態に関する情報を定量的に評価することで、新たな診断の知見が得られるものと期待できる。また医師が排尿動態を定量的に理解できるため、外傷症例や先天的な尿道下裂症例に対して行われる尿道形成術の術後管理にも役立つことが見込まれる。</p>
研究手法	<p>排尿動態を適切な診断・治療に利用できる定量的情報として提供するため、本共同研究では、流体力学分野における流速分布計測で多用されてきたレーザー光切断法と動画像解析技術を排尿計測法に応用し、下部尿路機能を反映する様々な排尿動態情報を取得する排尿可視化計測システムの実用化を図った。ここで、排尿流量（尿流率）やその空間的分布等が時間に伴い変化している状態を排尿動態と呼ぶ。本研究では男性排尿を念頭におき、外尿道口から射出されて放物線状の軌跡を描いて落下する排尿を対象とする。外尿道口では排尿は連続的な流体として射出されるが、落下中に液滴に分裂する。計測では放物線を描きながら落下する排尿に対して、シリンドリカルレンズを用いて水平方向にシート状に広げた異なる 2 色のレーザー切断光を高さを違えて照射し、落下する排尿を光切断する。2 つの切断面間では液滴は変形しない前提で、その切断面を鉛直上方からカラーカメラで撮影し、異なる色成分間で動画像解析を行うことで、光切断高さにおける水平方向・鉛直下向きの速度と排尿断面積を計測し、これより尿流測定で重要な尿流率や排尿動態である排尿の空間分布の時間変化を評価する。</p>
研究の進捗状況と成果	<p>本共同研究で得られた研究成果は主に次の 3 つの内容に分けることが出来る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) 異なる排尿パターンに対する尿流率時間変化の測定精度評価</li> <li>(b) 二又排尿の排尿動態可視化計測の実現</li> <li>(c) 排尿初速度および排尿形状の推定</li> </ul> <p>最初の(a)については、正常排尿モデル、前立腺肥大症モデル、神経因性膀胱モデルの 3 つの排尿パターンに対して開発手法の性能評価を行った。開発手法で測定した尿流率の時間変化を基に、実際の尿流率検査で評価される最大尿流率、平均尿流率、排尿量を求めたところ、最大尿流率・平均尿流率は±2ml/s 以内の誤差で測定できることが示されるとともに、排尿量の誤差は、市販の尿量測定装置の誤差の±5%～±10%に対して、本実験では 10%以下の誤差で計測でき、実用化が見込める計測精度を開発手法が持つことを示した。また、計測された尿流率の時間変化パターンを電子天秤で評価したものと比較したところ、いずれの排尿モデルにおいても相互相関係数 0.9 を超える排尿パターンの類似性が認められた。</p> <p>2 つ目の(b)については、二又ノズルを用いて生成した模擬排尿を測定</p>

	<p>対象として、カラー光切断面における可視化動画を取得し、排尿の空間通過頻度分布を求めたところ、2つに分裂した排尿が明瞭に可視化でき、さらにその空間頻度分布を基に流量比を求めたところ、2つのノズル開口面積比にはほぼ一致した結果が得られた。これより、単一排尿とは異なる形態をもつ二叉排尿に対してその空間的情報を定量的に正しく評価できることを確認した。</p> <p>さらに3つ目の(c)については、カラー光切断面において測定された鉛直下向きの排尿速度成分とその光切断面内の水平速度成分を基に、外尿道口における排尿初速度を推定し、さらにこれより排尿形状を自由落下計算によって推定することを試みた。単一排尿のみならず、(b)の二叉排尿に対してもこの推定法を適用したところ、特に後者において排尿状態の時間変化が視覚的に明瞭に捉えられることが示され、排尿開始後は単一排尿流、排尿加速時にこれが2つの排尿流に分かれ、尿流率が低下する排尿終了近くでは再び単一排尿流へと変化することが可視化できた。</p> <p>最後に、2024年度に実施する実排尿計測のためのカラー光切断照明装置の小型化を図り、京都府立医科大学泌尿器科の従来型ウロフロメーターが設置されたトイレにおいて実排尿計測の準備を行った。</p>
<p>地域への研究成果の還元状況</p>	<p>本共同研究は、流体力学および動画計測を専門とする京都工芸繊維大学研究者と排尿動態に詳しい泌尿器科医である京都府立医科大学研究者の協働により実施されている。前者はPCを用いたデジタル動画解析や流体計測におけるレーザー照明の十分な経験をもつ一方、後者は国際的に活躍する泌尿器科学の専門医であり、医療機関に勤務して排尿障害患者の治療に携わっているため泌尿器系医療技術の最前線と現状を熟知している。本共同研究の研究成果は、長年にわたり京都の地域医療を支えてきた京都府立医科大学附属病院を拠点として新しい計測技術の開発に取り組んできた結果であり、将来的に京都の医療技術の向上に寄与することが期待できる。</p>
<p>研究成果が4大学連携にもたらす意義</p>	<p>医学と工学における異なる発想を持つ研究者が意見交換することによって、より実用性の高い研究開発成果が得られるものと期待でき、京都地域のみならず、国際的にインパクトのある研究開発を目指していることから、4大学連携による共同研究体制のさらなる発展に寄与できるものと考えられる。</p>
<p>研究発表 (注3)</p>	<p><b>【学術論文】</b> 油谷俊也, 濱戸珠樹, 安食淳, 内藤泰行, 浮村理, 村田滋, カラー水平切断光を用いたビジュアルウロフロメトリーの研究, 可視化情報学会論文集, 44巻, 4号 (2024), pp. 8-15. (DOI: <a href="https://doi.org/10.3154/tvsj.44.8">https://doi.org/10.3154/tvsj.44.8</a>)</p> <p><b>【口頭発表】</b> 油谷 俊也, 濱戸 珠樹, 宮本 まどか, 斎藤 友充子, 安食 淳, 藤原 敦子, 内藤 泰行, 村田 滋, 浮村 理, カラー水平切断光を用いたビジュアルウロフロメトリー, 第30回日本排尿機能学会抄録集, 08-3, (2023), p. 263.</p>