

水中物体の精緻な形状復元

京都大学 大学院情報学研究科
知能情報学専攻

教授 西野 恒

令和2年7月21日

従来技術とその問題点

水を代表とする液体媒体における動的物体表面の3次元距離計測および3次元形状復元は、
従来の空中における手法を用いた場合

媒体による光の吸収に起因する精度低下
等の問題があった。また、水による光の吸収を
用いた距離計測手法も提案されてはいるが

距離測定の分解能が低く
広く利用されるまでには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術では距離測定のみであったが、物体表面各点における法線も計測することに成功した。
- 本技術の適用により、水中等液体媒体における動物体の精密な3次元形状復元が可能となった。

新技術の特徴



3次元距離



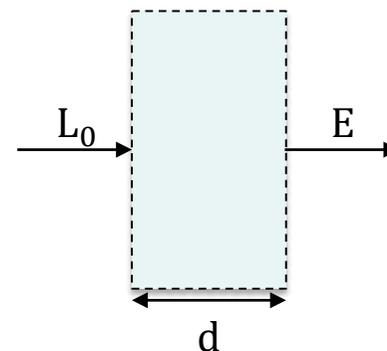
法線

- 単一視点からの単一画像から
- 物体表面各点への距離と法線の両者を精度高く測定
- 動的物体の各フレームの3次元形状をリアルタイムに復元可能

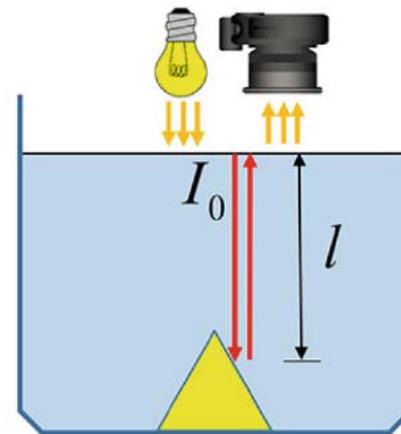
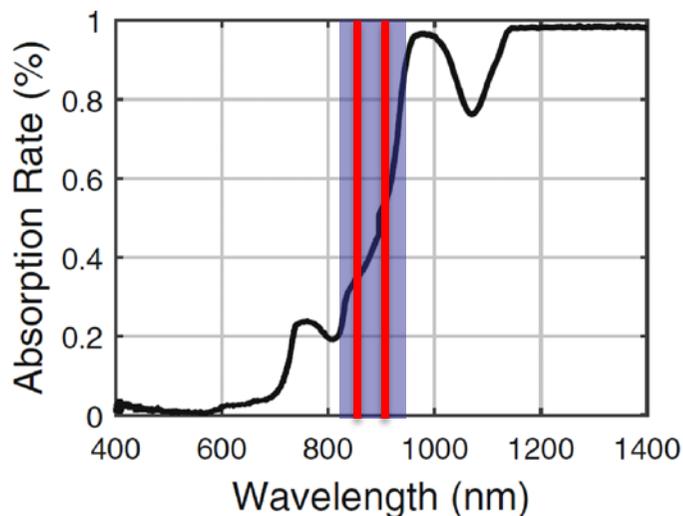
従来技術の原理

- ベールランバート測

$$E = L_0 e^{-\alpha(\lambda)d}$$



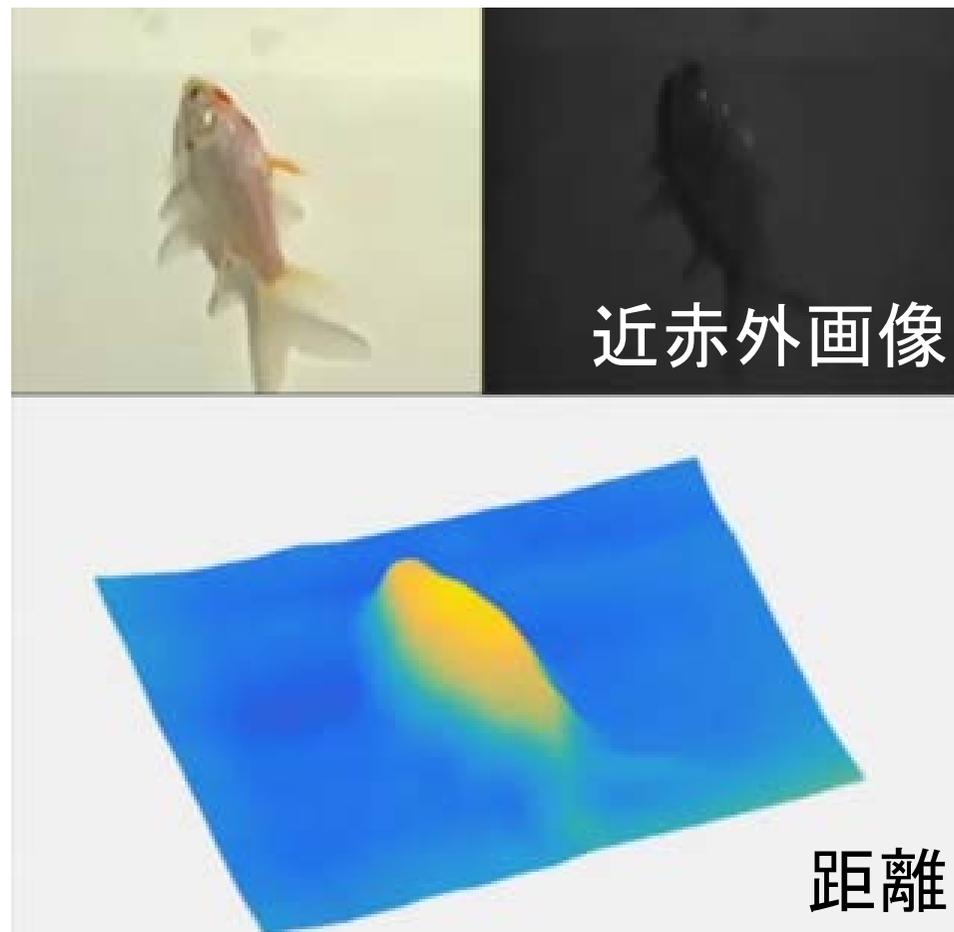
$\alpha(\lambda)$: 水における光の吸収率



Asano et al., ECCV 2016

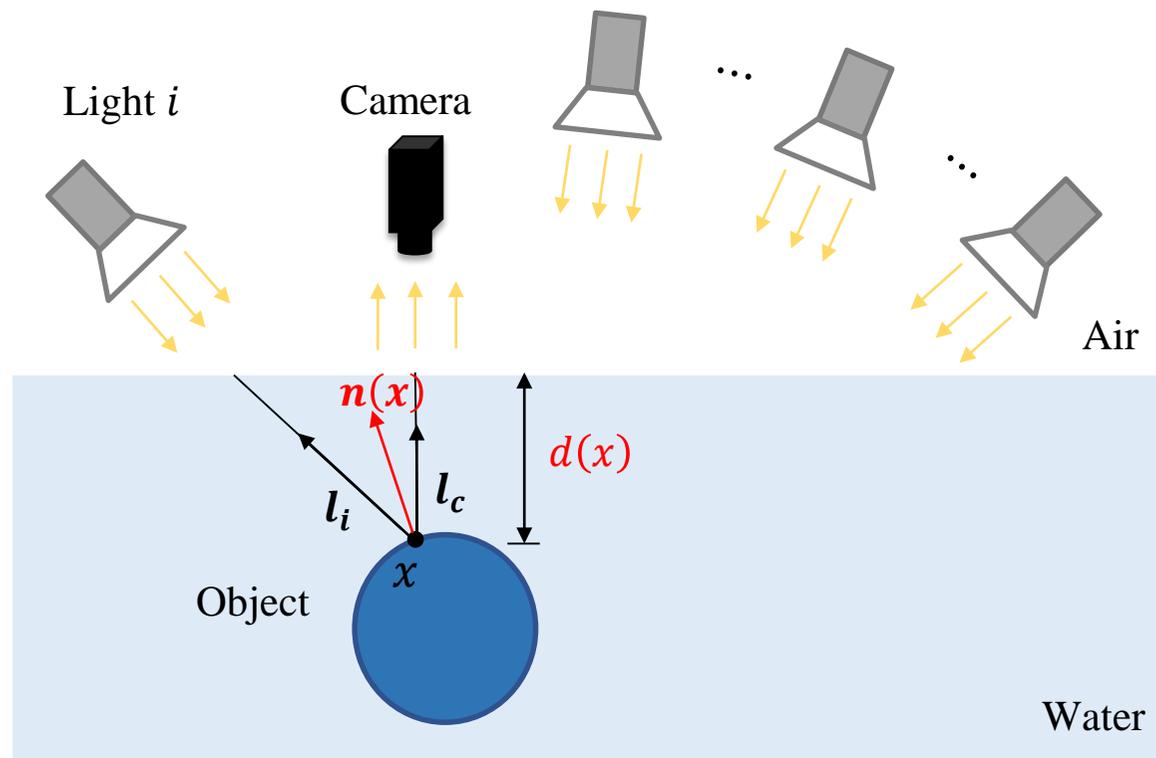
近赤外2波長で観測することにより
距離 d を計測

従来技術を用いた計測結果



新技術の原理

- 近赤外多波長を用いた新たな計測手法



新技術の原理

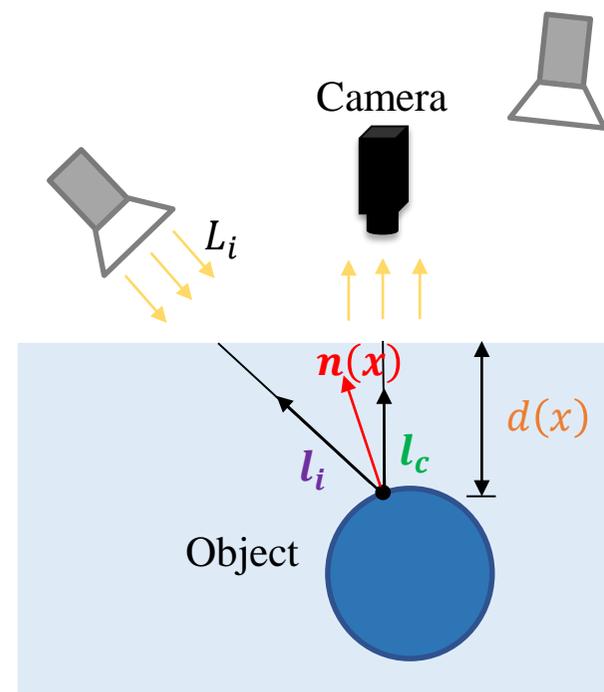
- 近赤外多波長を用いた新たな計測手法

$$\begin{aligned}
 E_i &= s(\lambda_i)r(\omega_i)L_i \exp \left[- \left(1 + \frac{1}{l_c^\top l_i} \right) \alpha(\lambda_i)d(x) \right] \\
 &= s(\lambda_i)r(\omega_i)L_i \exp[-\hat{\alpha}_i d(x)] \\
 &= \rho(x) l_i^\top n(x) L_i \exp[-\hat{\alpha}_i d(x)]
 \end{aligned}$$

$s(\lambda_i)$: スペクトル反射率
 $r(\omega_i)$: 幾何的(法線)反射率
 $\hat{\alpha}_i$: 実効吸収率

仮定

- $s(\lambda_i) = \rho(x)$ (スペクトル反射率一定)
- $r(\omega_i) = l_i^\top n(x)$ (拡散反射表面)

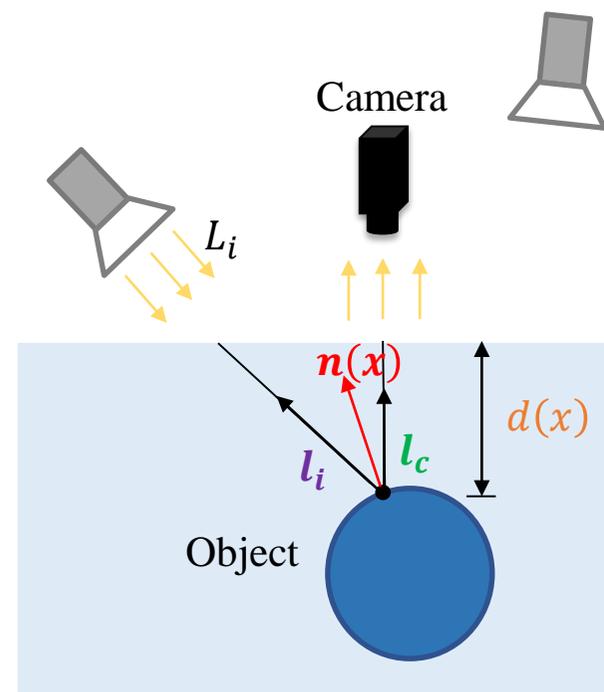


新技術の原理

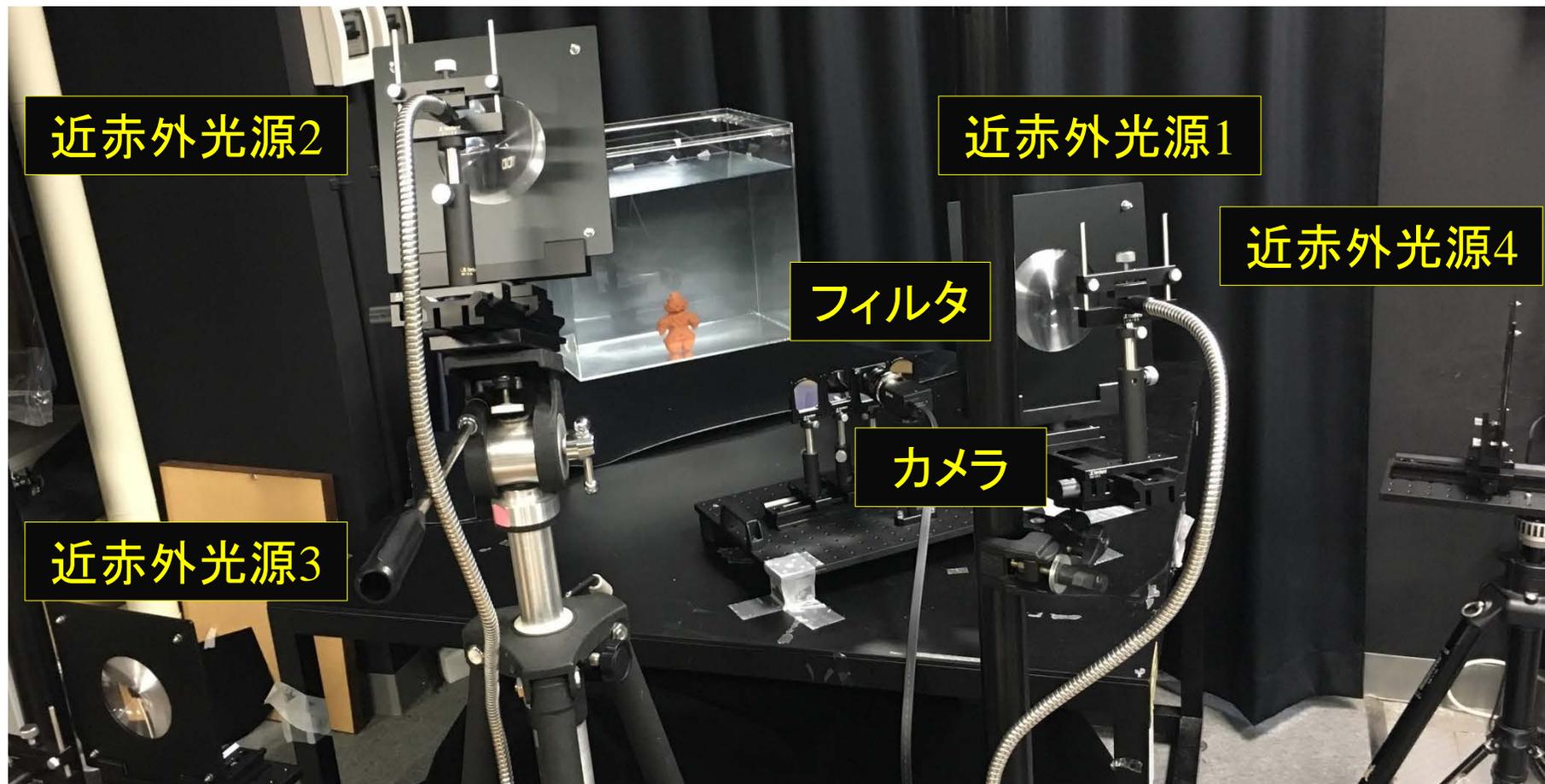
- 近赤外多波長を用いた新たな計測手法

$$\begin{aligned}
 E_i &= s(\lambda_i)r(\omega_i)L_i \exp \left[- \left(1 + \frac{1}{l_c^\top l_i} \right) \alpha(\lambda_i)d(x) \right] \\
 &= s(\lambda_i)r(\omega_i)L_i \exp[-\hat{\alpha}_i d(x)] \\
 &= \rho(x) l_i^\top n(x) L_i \exp[-\hat{\alpha}_i d(x)]
 \end{aligned}$$

波長が2つ以上異なる、方向の異なる
4つ以上の近赤外光源を用いると
距離(d)と法線(n)が物体表面各点につ
いて独立に計算できる



新技術の原理

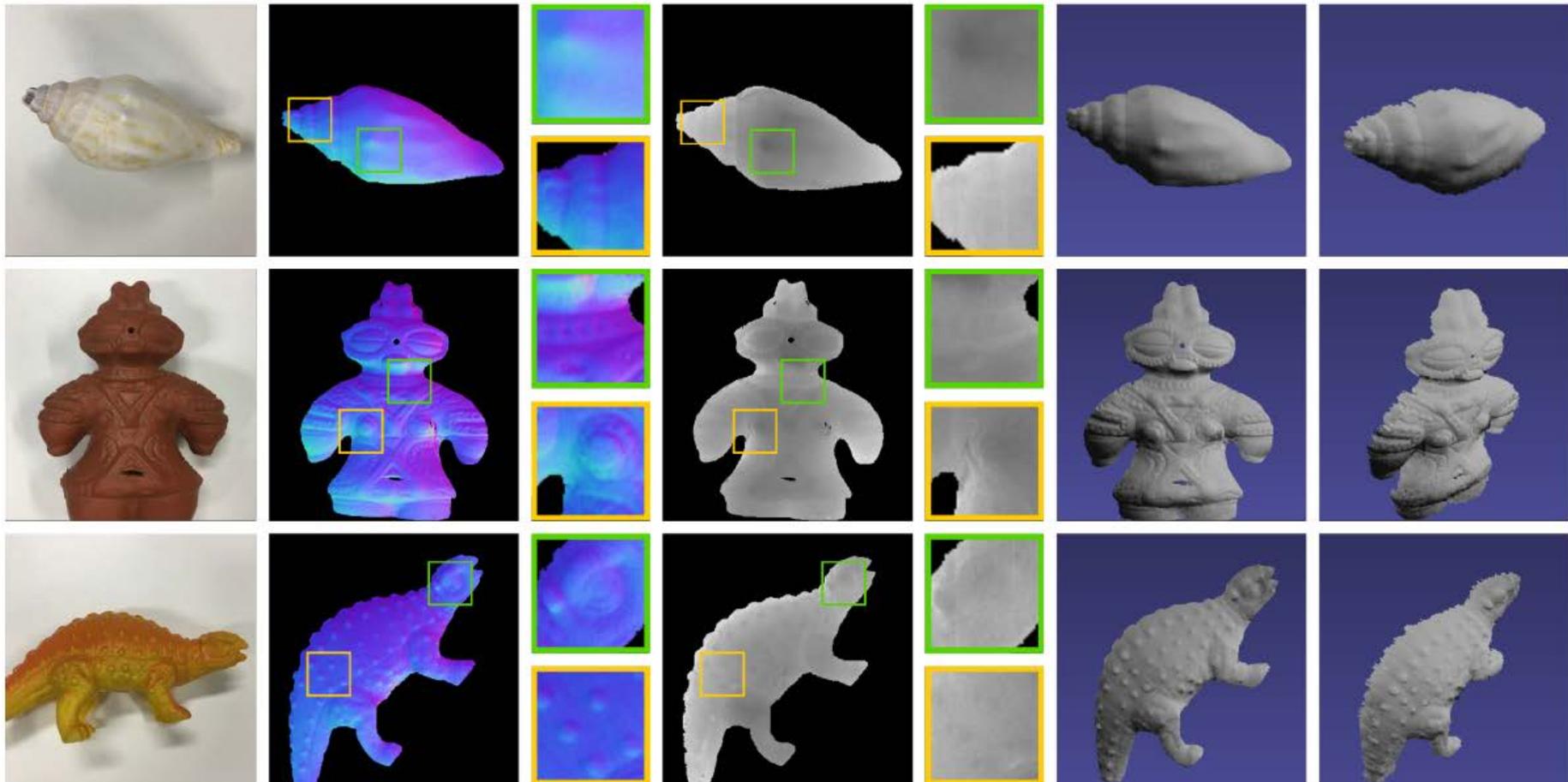


新技術を用いた計測結果

法線

距離

表面形状

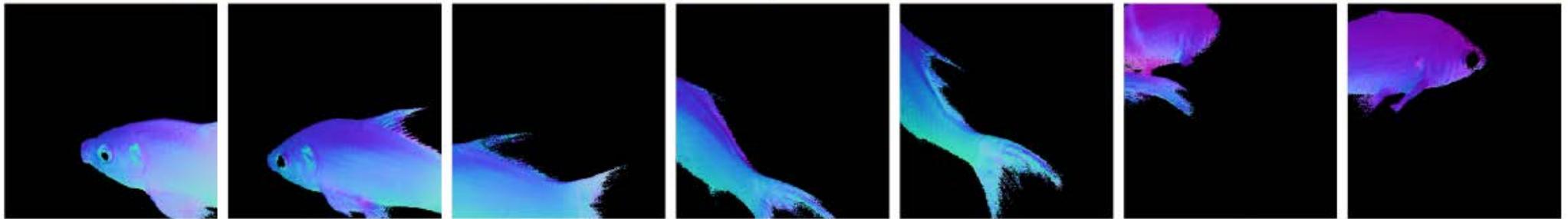


新技術を用いた計測結果

表面形状



法線



t = 0s

t = 0.6s

t = 1.6s

t = 3.1s

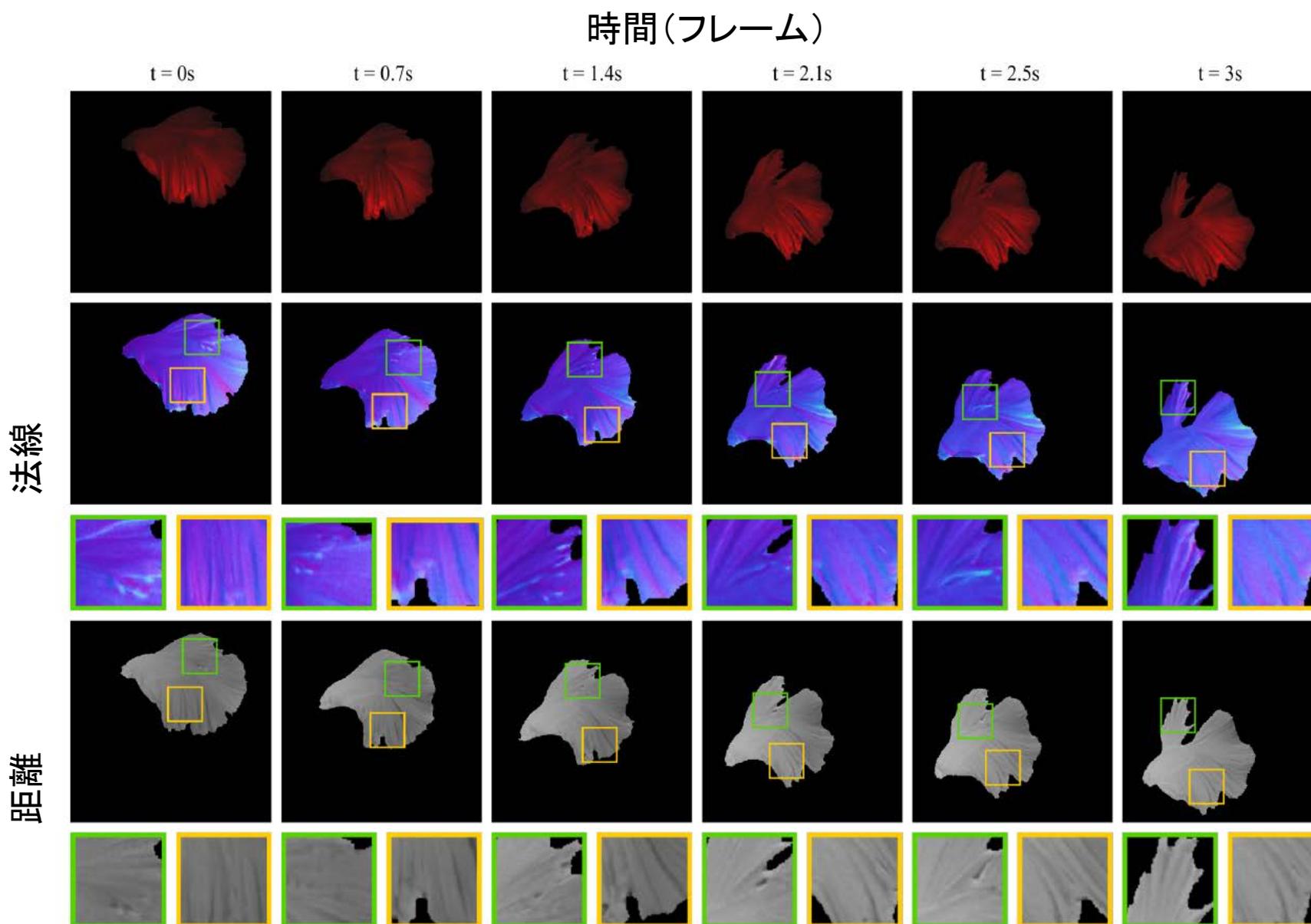
t = 3.8s

t = 4.5s

t = 5s

時間(フレーム)

新技術を用いた計測結果



想定される用途

- 本技術を液体媒体内の動物や植物等の3次元形状計測に適用することにより、従来得られなかった精密な動的形状復元が行えるメリットを生かすことができる。
- また、本技術を内視鏡等に組み込み、液体媒体内における胃壁や腸壁などの精密な形状計測に適用することにより、より豊かな3次元情報に基づいた医療判断等につながると考えられる。

実用化に向けた課題

- 本技術を既製の光学機器でプロトタイプし性能検証をおこなった。
- 今後、単体の機器として撮像系を含め光学システムを設計整備したい。
- 実用化に向けて、各ユースケースでの精度検証および様々なパラメタ調整も必要もあり。

企業への期待

- 光学系のパッケージングや内視鏡技術を筆頭とする光学的医療機器を含め、光学機器のエンジニアリング技術を持つ企業との製品開発を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 形状測定装置、形状測定方法、形状測定プログラム及び内視鏡システム
- 出願番号 : 特願2019-188208
- 出願人 : 京都大学
- 発明者 : 西野恒、延原章平、川原僚 他

お問い合わせ先

国立大学法人京都大学内
株式会社TLO京都
京大事業部門 技術移転チーム

TEL 075 - 753 - 9150

FAX 075 - 753 - 9169

e-mail event@tlo-kyoto.co.jp