

# 懐中電灯を用いた楽しい多層映像 プロジェクトマッピング

～ 多重情報表示システム及びこれに用いる照光装置 ～

東京工業大学情報理工学院 情報工学系

助教 佐藤俊樹

# はじめに

- プロジェクションマッピング
  - 実世界の立体物にコンテンツ映像をプロジェクション
  - 実世界のAR(Spatial Augmented Reality)
- 静的な(観るだけの)コンテンツから  
対話的な(参加できる)コンテンツへの発展の可能性
  - まだまだ静的コンテンツが主体
  - 本システムはプロジェクションマッピングを  
楽しくインタラクティブにするための技術

# 懐中電灯を用いた対話手法

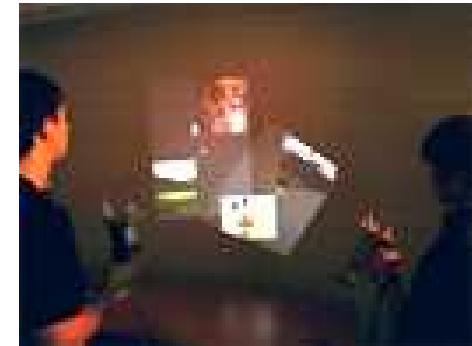
- 「懐中電灯(Flashlight)」
  - 最も身近な携帯型照明装置
  - 手で持って「かざす」だけで誰でも簡単に使える
- 懐中電灯型デバイスを用いた  
プロジェクションマッピングの体験拡張
  1. 懐中電灯型デバイスで実世界の物体を照らす
  2. 照らされた領域に別の映像を重畳投影
    - ライトを「かざすだけ」でそこに隠れた情報が明らかになる
    - ライトで照らして「探す」・「見つける」ことの**楽しさ、ワクワク感**



懐中電灯

# 従来技術

- 小型プロジェクタを用いた実世界への映像投影
  - 小型プロジェクタを懐中電灯に見立てる
  - 実物体上に手で持った小型プロジェクタを向け映像を重畳表示
- 問題点
  - 懐中電灯型デバイスの位置・姿勢計測が必要
  - 小型デバイス内蔵のセンサ等では高精度かつ実時間での位置姿勢計測は困難
  - 画像の歪み補正等を行うには投影対象の形状も計測する必要がある
  - プロジェクタ同士の重なりには色補正が必要



Projection-based Flashlight  
(Xiang et al., '07)



Twinkle(Yoshida et al., '09)

# 従来技術

- プロジェクタ・カメラを用いた懐中電灯プロジェクション
  - 設置型のプロジェクタ・カメラシステムを用いる
  - 低遅延かつブレの少ない投影が可能
    - 「ライトらしさ」を損なわない
  - 予めプロジェクタ・カメラシステムの設置およびキャリブレーションが必要
  - プロジェクションマッピングのインタラクティブ化に有望な技術
- 課題
  - **複数ユーザ同時使用環境への対応問題**
    - 複数ライトの「識別」・「重なり」問題
  - ユーザ毎に異なる絵を表示することができない
  - 複数ライトが重なると1つのライトに見えてしまう

# 着目する技術的課題

- 懐中電灯によるプロジェクションを行う際の複数ユーザの同時使用問題に着目
  1. **各ユーザの持つライトの識別を行えるようにする**
    - ライト毎に異なる映像・効果を割り振れるようになる
  2. **複数人で用いた場合の「光の重なり」を検出できるようにする**
    - 「光の重なり」は複数ユーザ使用時、往々にして起こり得る
      - 興味のあるエリアの一致、偶然などによる
    - インタラクションへの応用の可能性
      - 映像の多重化(映像の多階層化)
      - ユーザ間コミュニケーション促進

# 提案技術

- 複数光源からスクリーンに照射された光のカメラによる検出、識別、分離
  - リアルタイムに検出する
    - 高速・低遅延で検出する
  - 光を識別する
    - 光源ごとに異なるIDを割り振る
  - 複数の光を分離する
    - 「光の重なり」をピクセル単位で検出
    - 階層数を検出
- 映像とのリアルタイム合成
  - 光源ごとに異なる映像を合成表示可能
  - 重なり領域に対して異なる映像を合成可能
  - 階層数に応じて異なる映像を合成可能
- 実世界へのリアルタイムプロジェクション

# システム構成

- ハードウェア構成
  - プロジェクタ-カメラシステム
    - 赤外線カメラ(1台 ~ 複数台)
    - 可視光プロジェクタ(1台 ~ 複数台)
    - PC(1台) + 小型低遅延無線通信機(送信機)
  - ライト型赤外線投光デバイス
    - 赤外線LED
    - マイクロコントローラ
    - 小型低遅延無線通信機(受信機)

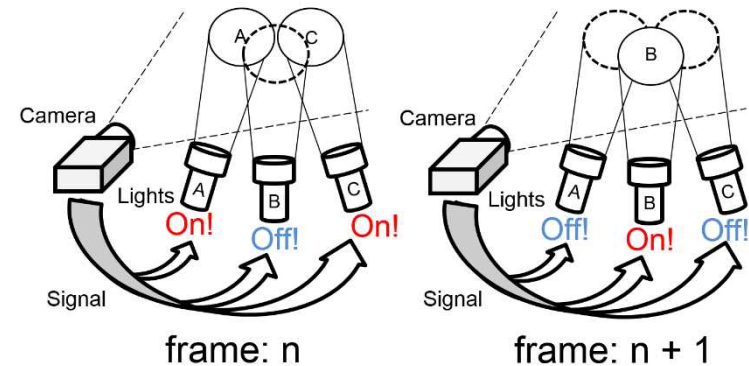


# ライト光の検出

- スクリーンに当たった赤外光を赤外線カメラで検出
  - 赤外光をマスクとして用い、投影画像とリアルタイム合成
  - 可視光プロジェクタで実物体上に映像として投影
- 赤外光の位置・サイズ・領域をリアルタイム計算

# ライト光の識別・分離・合成手法

- ライトの同期撮影
  - カメラからライトに同期信号を送信
  - ライトのOn/Offをフレーム毎に切り替え可能
- ライトの識別
  - 特定IDのライトだけ個別に光らせることを行う
  - カメラの起動後、1msec以内にID識別可能
- ライトの識別と重なり回避
  - カメラでスクリーン上のライトの位置関係を検出
  - 互いに重なりそうなライトを別フレームに発光させ時分割撮影
    - サイズ・距離等をカメラで検出し判定



重なった光の2フレームへの振り分け

# 映像との合成

- 各ライトの赤外線画像が得られる
  - GPUによるテクスチャとの合成
- プログラマブルな映像合成手法
  - ライト毎に異なる映像の表示
  - 重なり領域への異なる映像表示
  - 重なり枚数による表示の切り替え



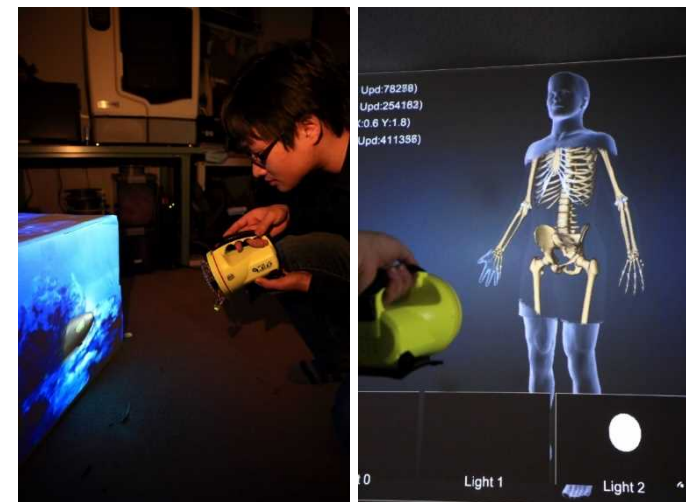
重なった光の分割と映像合成結果

# 想定される用途

- プロジェクションマッピングのインタラクティブ化
  - 特に複数ユーザ対応コンテンツの表現力強化に有効
- 複数ユーザの協調作業支援(CSCW)
- プロジェクタ-カメラシステムの  
ID付きアクティブマーカシステムとして

# アプリケーション案1

- 多層画像・動画コンテンツビューア
  - ライトを当てた領域の映像が変化する
    - 付加的な画像(説明文章等)が表示される
  - ライトを当てた領域に部分的に画像処理を適用する
    - 顔検出など
- コンテンツ例
  - 構造物の内部構造を分かりやすく「解説」するためのツールとして
  - 画像の多段フィルタリング



多層映像コンテンツ案

# アプリケーション案2

- テーブル型ディスプレイを囲んだ複数人での協調作業支援
  - 「テーブル型ディスプレイ + ペンライト」での実装
  - 同一コンテンツ(画像や文章)を複数人で囲んで閲覧
- コンテンツ例
  - ドキュメントの多言語翻訳
    - ペンごとに異なる言語

# アプリケーション案3

- 探検アトラクション
  - 複数台のプロジェクタで広範囲(壁・天井・床等)にプロジェクションマッピング
  - 複数ユーザがライト型デバイスを持って空間を探検
  - ライトに照らされた領域に隠された文字・キャラクター等が表示される
- コンテンツ例
  - 洞窟探検
  - お化け屋敷の拡張など

# アプリケーション案4

- プロジェクタを用いたインタラクティブな空間照明
  - ライトとしてプロジェクタを用いる
  - 複数の赤外光源を設置
  - 赤外光の当たり方に応じたプロジェクタ映像の切り替え



# 実用化に向けた課題

- 全周囲プロジェクションマッピング環境下での運用実験環境の整備
  - 広い空間でのプロジェクションマッピング環境の構築
  - 運用実験・評価
- 具体的なコンテンツを定めたシステム改良
  - 具体的なコンテンツ開発
- フレームレート低下問題
  - 多くのライトを同時に使用する場合より高速なカメラが必要

# 企業への期待

- プロジェクションマッピングのための  
キャリブレーション技術
  - 通常のプロジェクションマッピングの  
プロジェクタ・カメラキャリブレーションと同様
- 具体的な映像コンテンツとの組み合わせ

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 :  
多重情報表示システム  
及びこれに用いる照光装置
- 出願番号 : 特願2016-037145
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 佐藤俊樹, 小池英樹

# お問い合わせ先

東京工業大学 産学連携推進本部

産学連携コーディネーター

河村 尚登、郡 俊平

TEL 03-5734-7634 (河村)

03-5734-3891 (郡)

FAX 03-5734-7694

e-mail [kawamura@sangaku.titech.ac.jp](mailto:kawamura@sangaku.titech.ac.jp) (河村)

[shumpei.kohri@sangaku.titech.ac.jp](mailto:shumpei.kohri@sangaku.titech.ac.jp) (郡)