402 複数の遠隔操作レーザーポインターによる遠隔環境提示手法の検討

Study on remote presentation method using multiple remote-control laser pointers

学 平野 紘之 (徳島大 (学))

正 伊藤 照明 (徳島大学院)

Hiroyuki HIRANO, The University of Tokushima, 2-1 Minami-Josanjima, Tokushima 770-8506

Teruaki ITO, The University of Tokushima

Key Words : laser pointer, remote collaboration, Pan-Tilt, cooperative work

1. 緒言

近年インターネットを介した遠隔会議システムが身近となり、利用者の増加が著しい。遠隔会議システムを利用した作業支援のその一例といえる。遠隔作業支援に関する研究では、レーザーポインターによる遠隔指示方式が利用される場合が多く、その有用性が認められている[1]。この理由は、実世界中の対象物や特定の位置をポインティングでき、レーザーの光を動かすことで指示したい方向を表現することができるためである。身振り手振りや指示棒による直接的な指示方式に劣る部分もあるが、音声や映像などを組み合わせることにより、補完的に円滑なコミュニケーションを支援することが関連研究により明らかにされている。

実空間における協調作業中でのタスクは、(i)対象物識別、(ii)理解確認、(iii)手順説明の3つに分類することができる[2][3]。(i)対象物識別タスクは、レーザーポインターによる指示で十分な効果が認められている[4]。(ii)理解確認タスクは、音声や映像を解した会話で確認できることが認められている。しかし(iii)手順説明タスクについては、レーザーポインターだけでは詳細な説明が困難である。そのため、ポインティング軌跡の残留を表示できる HMD を併用した場合と比較し、指示者の発話数増加とそれに伴う作業時間超過が問題として指摘されている。HMD は既存のビデオ会議システムと違い、ウェアラブル装置として、動き回る作業員に対して設計されている。しかし、指示者側からの HMD によるポインティング残留提示を用いた詳細説明を行なった場合、使用者側においては焦点距離調整負荷や眼精疲労の問題によりその対応策が求められている。そこで本研究では、レーザーポインターを2台使用することで、HMD によるポインティング軌跡の残留表示に相当する効果を生み出すことで(iii)手順説明タスクの支援を行なうことに取り組む。本報告では、レーザーポインターを遠隔操作するために開発したパン・チルト制御レーザーポインターモジュールと、指示者の遠隔操作を支援するために開発を進めている箱型インタフェース装置 (Cubic-D) を中心として述べる。

2. 箱型インタフェースデバイス (Cubic-D)

遠隔作業指示において、指示者の直感的遠隔操作を支援するために開発を進めている Cubic-D は、パン・チルト制御レーザーポインターモジュールと箱型のインタフェースモジュールから構成されている。

2.1. パン・チルト機構モジュール

パン軸・チルト軸[5]を有する2自由度の制御によってレーザーポインターのポインティングを制御するモジュールを図1に示す。独立したユニットとして作成されており、遠隔会議で使用する PC に接続して設置することで、指示者からの操作に応じて、レーザーポインターのオン・オフとレーザー光の向きを制御する。なお、本研究では2台のパン・チルトモジュールを組み合わせることで2台のレーザーポインターを制御する。

Fig.1 Mechanism of pan-tilt laser pointer module

2.2. Cubic-D による操作概要

Cubic-D は日本人平均身長を考慮し、腰より少し上の高さになる高さ 90cm の支柱の上に1辺 20cm の透明アクリル製樹脂で作成した立方体型装置である。接続されるパン・チルト制御レーザーポインターモジュールは、ポイント指示の主体となるメインモジュール LP1 と、手順説明タスク支援のためのサブモジュール LP2 である。(図2)

Fig.2 Remote instruction with Cubic-D

指示者は、遠隔会議システムにより作業者の状況を確認しながら、Cubic-D に手をかざして、レーザーポインターのオン・オフと照射部位を操作する。Cubic-D をユーザーから見ると、上下左右面に障害物感知センサー(top/bottom/right/left センサー)を内蔵し、指示者のかざす手との距離と、反応するセンサーの数によって LP1/LP2 が制御される。障害物検知センサーとして、赤外線 LED と反射波受信モジュールを組み込み、マイコン制御モジュールに組み込んだ。(図3)

Fig.3 Control mechanism of LP1/LP2 with Cubic-D

2.3. 障害物検知距離について

LP1/LP2 の区別は、操作する手との距離によって判別する [6]。そのために、赤外線周波数の違い (判別法 1)、および LED と接続する抵抗値の違い (判別法 2) を用いる 2 種類の判別方式を実装し、評価実験の結果によりどちらの方式を用いるかを決定する。表 1 に判別法 1 による周波数と距離の関係を、また表 2 には判別法 2 による抵抗値と距離の関係を示す。

Table.1 Frequencies and Zones for Distance Detection

Frequency[Hz]	Distance Detection[mm]
41500(Zone 0)	0~100
40500(Zone 1)	~200
39500(Zone 2)	~400
38250(Zone 3)	~600
37500(Zone 4)	~800
37500 under(Zone 5)	No Detection

Table.2 Detection Distance vs. Resistance

IR LED Series Resistance(Ω)	Maximum Detection Distance(mm)
4700	140
2000	400
1000	630
470	900
220	1420

2.4. LP1/LP2 判定アルゴリズム

LP1/LP2 の判別手順のアルゴリズムを図 4 に示す。レーザーポインターのオン・オフ機能は、両手で top/bottom センサーを同時に作動すると照射、再度行なうと非照射となる。センサーと手の距離により、LP1/LP2 の区別を行なう。レーザーポインター照射時は、手と立方体の面つまり、障害物感知センサー(top/bottom/right/left センサー)との感知距離により判別する。感知距離が 0~100[mm]では LP 感知距離が 100~400[mm]では LP2 と判別し、対応するレーザーポインターモジュールのサーボを作動させることで、意図した方向へレーザーポインターの向きを操作する。

```

While(palm-distance is detected) {
  If (TD and BD){
    If (0< palm-distance <100){
      If(LP1 = OFF) {
        Set LP1 on
        Do LP1 operation
      };
      Else if (LP1 = ON)
        Set LP1 off
      Return;
    }
    Else if (100< palm-distance <400) {
      If (LP2 = OFF){
        Set LP2 ON
        Do LP2 operation
      }
      Else if(LP2 = ON)
        Set LP2 OFF
        Return;
    }
    Else exit
  }
}

```

Fig.4 LP1 and LP2 selection Algorithm

2.5. Cubic-D によるレーザーポインターの操作

指示者は Cubic-D の前に立ち、動かしたい方向の側面に手をかざして操作する。例えば、右方向に動かす場合には、右側面に手をかざすと Pan 軸 (鉛直軸) に対して右回転、左側面に手をかざすと Pan 軸 (鉛直軸) に対して左回転が手をかざしている間動作する。同様に、上下方向への回転は、上側面で Tilt 軸 (水平軸) に対して左回転、上側面で Tilt 軸 (水平軸) に対して右回転が手をかざしている間動作する。このときの動作範囲角度は各々約 160 度である。また、LP1/LP2 の各々の判別感知距離の範囲において、距離の値に応じて動作速度が調整される。つまり、感知距離が短いほど動作速度が速くなるような処理を組み込んだ。なお、レーザーポインターのオン・オフ機能、つまり両手で top/bottom センサーを同時に作動すると照射、再度行なうと非照射は操作中に適宜使用する。

指示者は、Cubic-D を用いることで、2 台のレーザーポインターを操作し、LP1 による対象物・対象部位識別、LP2 による操作手順説明を介して、作業者に的確な指示を与える。

3. 評価実験

現在開発を進めている Cubic-D を用いた評価実験として、以下の 2 つを行なっている。

(実験 1) 操作性確認実験: 開発した Cubic-D により 2 つのレーザーポインター LP1/LP2 が操作者の意図した動きに的確に対応するかを検証する。

(実験 2) 遠隔環境指示の効果比較実験: 遠隔会議システムを介して行う LEGO ブロックを用いた組み立て作業実験により、レーザーポインター指示の効果を見る。そのため、口頭だけで指示、LP1 のみでの指示、そして LP1 と LP2 の併用による指示による指示による違いを実験により確かめる。特に、2 つの指示対象ブロックを組み合わせると動作指示する場合の LP2 の効果を検証する。

4. 結言

本研究では、2 台のレーザーポインターを使用することで、HMD によるポインティング軌跡の残留表示に相当する効果を与え、(iii)手順説明タスクの支援環境構築に取り組んでいる。本稿では、レーザーポインターを遠隔操作するために開発したパン・チルト制御レーザーポインターモジュールと、指示者の遠隔操作を支援するために開発を進めている箱型インタフェース装置 (Cubic-D) を中心として述べた。手順説明タスクの支援のための LP2 によるポインティング残留効果については、現在行なっている実験結果を踏まえて講演にて報告する予定である。

5. 参考文献

- 1) 酒田信親, 他. レーザー搭載型ウェアラブルアクティブカメラによる遠隔コミュニケーション支援, 電子情報通信学会技術研究報告, pp.19-24 2003.
- 2) S. R. Fussell, L. D. Setlock, E. M. Parker, and J. Yang. Assessing the value of a cursor pointing device for remote collaboration on physical tasks. In Proc. CHI 2003, pp.788-789, 2003.
- 3) 酒田信親, 他. 遠隔協調作業における肩載セアクティブカメラ・レーザの利点と限界, 第 30 回 HI 学会研究会・日本 VR 学会ウェアラブル/アウトドア VR 研究委員会第 6 回研究会, Vol6, No.5, pp.17-22, 2004.
- 4) 酒田信親, 他. 遠隔協調作業のためのレーザーポインターと装着型ディスプレイによる視覚的アシスト, 日本バーチャリアリティ学会第 10 回大会論文集, 1C4:ウェアラブル部門.
- 5) Lynx B - Pan and Tilt Kit, <http://www.lynxmotion.com/>.
- 6) Andy Lindsay, Robotics with the Boe-Bot VERSION 2.2, Parallax Inc.