

技能習得ビデオにおけるユーザーの操作に適応したリアルタイム・アノテーション提示

飛田 優[†] 長松 隆[†] 鎌原 淳三[†] 石井 裕[‡]

[†] 神戸大学海事科学部 〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1

[‡] 岡山県立大学情報工学部 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

E-mail: [†] 0597119w@stu.kobe-u.ac.jp [†] nagamatu@kobe-u.ac.jp

[†] kamahara@maritime.kobe.ac.jp [‡] ishii@cse.oka-pu.ac.jp

あらまし 本研究では、技能を効率よく学ぶために、熟練者によるアドバイスを動画に同期させてアノテーションとして技能学習用動画マニュアルに表示する手法について検討した。スロー再生時に詳細な情報を表示する LoD (Level of Detail) 法と、トータルの再生時間が長いときにより詳細な情報を表示する CPT (Cumulative Playback Time) 法を提案し、ロープワークを課題とした動画マニュアルを用いて、アノテーションを常時表示する方法と比較する被験者実験を行った。実験により、動画マニュアルの操作時間及び作業達成度で CPT 法が最も良い結果が得られた。

キーワード 学習ビデオ, 技能継承, アノテーション, 情報提示

1. 研究背景と目的

熟練者の減少等により、熟練者の動作を見てまねをするといった現場における技能継承が困難となってきたため、技能を効率よく学ぶための環境や仕組みが求められている。本研究では、技能を効率よく学ぶために、熟練者によるアドバイスを動画に同期させてアノテーションとして技能学習用動画マニュアルに表示する手法について述べる。著者らは、これまでに、アノテーションの表示を制御する方法として、スロー再生時に詳細な情報を表示する LoD (Level of Detail) 法[1]を提案した。一方、実質的に見た時間、すなわち、一時停止、スロー再生、繰り返し再生を行った合計の時間が長い個所を困難個所と推定する手法を提案し、その時用いる指標である CPT (Cumulative Playback Time) を提案した[2]。

本稿では、CPT 値を用いてアノテーションの出現を制御する CPT 法を提案し、LoD 法及び CPT 法について、ロープワークを課題として実験を行い、その有用性を比較検証する。

2. 教育サブシステム

学習用システムは Impart Skill と呼ばれるソフトウェアであり、技能継承支援システム[3]のサブシステムである。技能記録サブシステムで記録した熟練者による作業時の映像、および、教材作成サブシステムによってその映像に重畳したアドバイスを見ることが出来る。非熟練者はこのソフトウェアを使用し技能の学習を行う。Impart Skill は動画マニュアルという形の学習用ツールであり、「再生」「一時停止」「再生位置の変更」「再生レートの変更」などの操作が可能である。

Impart Skill 実行中の画面を図 1 に示す。なお、今回

のシステムでは音声は考慮しておらず、熟練者のアドバイスは、文字情報のアノテーションとしてのみ表示される。

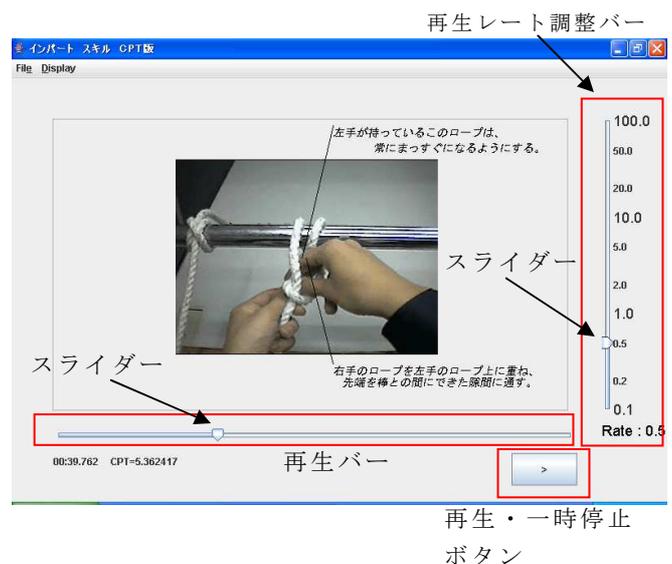


図 1 Impart Skill 実行画面

3. アノテーション表示手法

図 2 はビデオにアノテーションを付加する場合に、アノテーションが表示される時間について示したものである。縦軸はレベル、横軸はメディア時間（動画内の時間のこと）である。

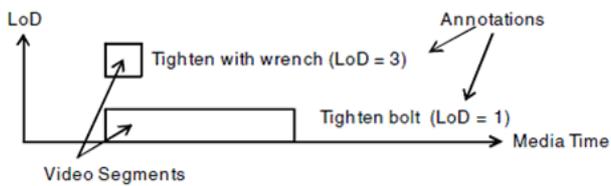


図2 アノテーションのレベルとメディア時間

高いレベル程、より詳細なアノテーション情報を表示しており、低いレベルは、概要的なアノテーションである。通常、詳細なアノテーションほどメディア時間において該当する時間が短く、概要的なアノテーションほど該当する時間が長い。

このようにアノテーションを付加すると、レベルの高いアノテーションは短い時間しか表示されないことになる。普通に再生すると、そのような短い時間のアノテーションが表示されたり消えたりして、学習者にとって見にくいビデオとなってしまふ。

詳細情報は必要な時だけ表示した方が好ましいと考えられる。

3.1 再生速度に応じた表示手法 (LoD)

動画の再生速度に基づいてアノテーション表示を制御する、LoDについて説明する。

LoD は学習者が動画マニュアルを見て難しいと感じる箇所では動画をゆっくり再生していると考え、その再生速度に応じてアノテーションの表示レベルを制御するものである。すなわち、ゆっくり再生しているときには、より詳細な情報を表示するものである。

学習者は *Impart Skill* の再生レート調節バーのスライダーを操作することで、動画の再生速度を変えることができる。言い換えれば、学習者は再生速度を変えることで表示レベルの値を変えることができるということになる。LoD を用いてアノテーションを表示させることにより、学習者のその時の作業の理解度にシステムを適応させることができる。

図3に示すように、通常スピードでは、レベル3の情報は表示されないが、2倍のスロー再生では、レベル3の詳細情報が表示される。

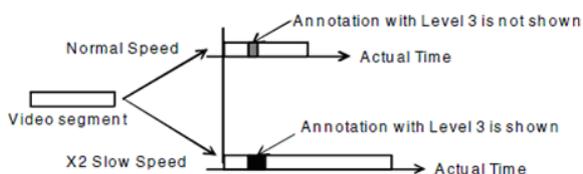


図3 再生速度により表示されるアノテーションが異なる

3.2 区間当たりの累積再生時間を用いた技能習得困難箇所の検出 (CPT)

学習者の習得困難箇所での再生スピードは個人個人で異なってくると考えられるので、個人に適応したアノテーション表示手法が求められる。そこでユーザーが作業が困難と感じるであろう箇所を推定するCPT値を用いて、アノテーションの表示を制御するCPT法を提案する。

CPTとは、鎌原ら[2]が提案した、動画の区間当たりどれだけその区間に表示されている動画をユーザーが再生しているかを表した値である。CPTは以下のように定義される。

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$$

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$$

$$Periods = \{p_1, p_2, \dots, p_{M_{total}}\}$$

$$f(k) = \begin{cases} a_{k+1} - a_k & (\text{if } m_k = m_{k+1}) \\ \frac{1}{r_k} |m_{k+1} - m_k| & (\text{if } m_k \neq m_{k+1}) \end{cases}$$

$$CPT_{[p_i, p_{i+1}]} = \sum f(k)_{[p_i, p_{i+1}]}$$

ここで、M…動画内の時間

A…動画を再生し始めてから経過した時間

R…再生レート

n…イベントの総数

M_{total} …全セグメント数

Periods…単位時間で区切った区切り

$f(k)$ …イベント k からイベント k+1 の間に
利用者が費やした時間

例として、図4に単位メディア時間とユーザーが再生した時間の関係のグラフを示す。ここでメディア時間とは動画内の時間のことで、また、単位メディア時間とは動画をいくつかの区間で分けた際、その区間1つ当たりの時間のことである。図4では単位メディア時間を10秒とした。

通常の再生スピードでは、再生時間は単位メディア時間と等しくなるが、ゆっくり再生したところでは単位メディア時間よりも長い再生時間となる。それゆえ、再生時間が10秒より多くかかっているところでは、ユーザーが通常スピードより遅く、若しくは、繰り返し動画を再生しているので、技能習得困難箇所と判断する。

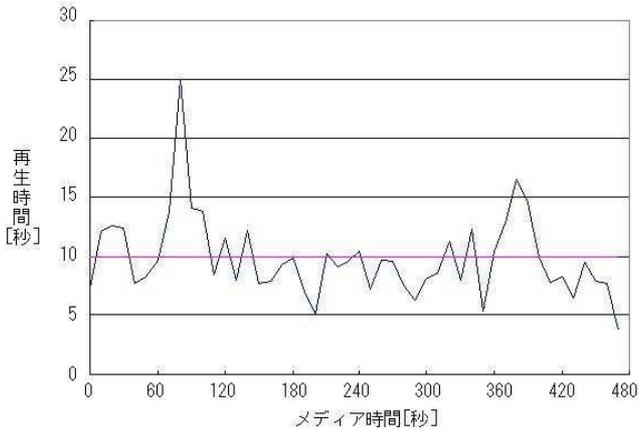


図 4 単位メディア時間当たりの累積再生時間

本研究では、この CPT を用いて、技能学習中のビデオに重畳するアノテーションの出現を制御する手法を開発した。CPT を学習ビデオのアノテーション表示に適用するために、アノテーションのレベル毎に CPT 値の範囲を設定し、メディア時間における単位時間区間毎の CPT 値をリアルタイムに計算する。スロー再生や繰り返し再生などで CPT 値が、設定値の範囲に入ると、対応するレベルのアノテーションが存在していればそれを表示する。CPT 値の範囲の設定は、単位時間との比で行う。

CPT 値は再生開始直後では、各単位時間区間すべてで 0 であり、再生を行うにつれて先頭のメディア区間から数値が増加していく。一度、CPT 値がある設定範囲の値に入るとその区間においては、対応するレベルのアノテーションが表示されることになる。

4. アノテーション表示手法の評価実験

4.1 実験目的

LoD に基づくアノテーション表示手法と CPT に基づくアノテーション表示手法の効果を確かめることを目的とする。

4.2 ビデオ内容

実験の題材としてロープワークを取り上げた。実験で使用する動画には熟練者のロープワーク作業風景を使用した。また、熟練者から得た非熟練者へのアドバイス情報をアノテーションとした。このアノテーションはアドバイス情報の詳細さに応じて 3 段階のレベルが付けられており、CPT、LoD の値に応じてレベルが決定され、対応するレベルのアノテーションが表示される。

4.3 方法

統制条件は、この 2 つの手法で表示されうるすべて

のアノテーションを必ず表示する手法を用いる条件とした。ロープワーク作業を対象として上記の 3 つのアノテーション表示条件を比較した。実験参加者はロープワークに関する知識を持たない非熟練者 30 名(20 代大学生：男 26 名、女 4 名)とし、1 つの条件当たり 10 人で合計 30 回実験を行い、練習効果を避ける為に被験者間計画とした。

作業後、Impart Skill の操作性について、-3~+3 の 7 段階で評定する質問紙調査を行った。同時に自由記述によるコメントも得た。

4.4 結果

ロープワーク所要時間を表 1 に示す。図 5 には、所要時間とともに標準偏差を示す。

表 1 ロープワーク所要時間 (表)

表示手法	所要時間
CPT 平均	519.829
LoD 平均	535.804
すべて表示平均	609.125

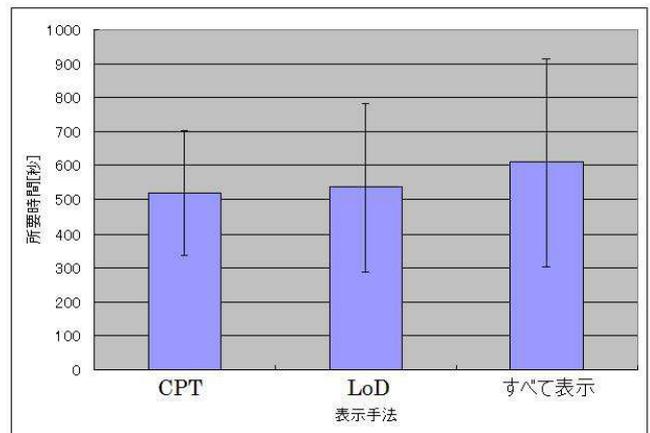


図 5 ロープワーク所要時間 (グラフ)

ロープワーク達成度を表 2 に示す。図 6 には、達成度とともに標準偏差も示す。

表 2 ロープワーク達成度 (表)

表示手法	クラブヒッチ	巻き掛け結び	クリート	もやい結び	エイトノット	総合達成度
CPT 平均	100	100	100	70	100	94
LoD 平均	100	90	100	70	90	90
すべて表示平均	90	70	100	70	100	86

※ 結びができていないものを 100、できていないものを 0 として評価

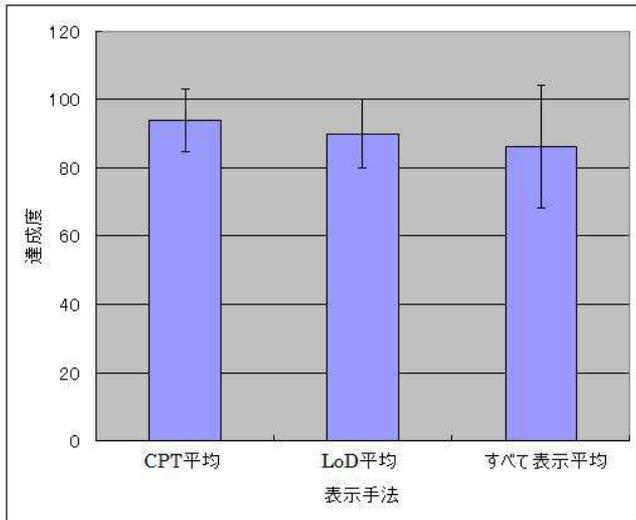


図6 ロープワーク達成度 (グラフ)

※ 結びができていないものを 100、できていないものを 0 として評価

質問紙調査の結果を表3に示す。図7,8,9,10には、CPT, LoD、すべて表示について、標準偏差も含めて示す。自由記述では、ユーザーからのポジティブなコメントとして、「アノテーションの内容が分かりやすかった (CPT の参加者からのコメント)」、「繰り返し見て技能習得を行うのに便利だと思う (CPT の参加者からのコメント)」、…など、ネガティブなコメントとして、「アノテーションが表示されてから消えるまでに読みきれない (CPT・LoD・すべて表示の参加者からのコメント)」、「アノテーションを読みながら動画を見るのが難しい (CPT の参加者からのコメント)」、…などといった意見が得られた。

表3 Impart Skill 操作性 (表)

表示手法	① 操作の理解 しやすさ	② 使いやすさ	③ 作業に対し 役立つか	④ これからも 使ってい きたいか
CPT 平均	2.9	2.4	2.4	2.3
LoD 平均	2.7	1.7	2.2	1.6
すべて表示 平均	2.7	2.3	2.2	2.1

※ -3~3 の7段階で評価

図7 Impart Skill 操作性アンケート (①操作の理解しやすさ、グラフ)

※ -3~3 の7段階で評価

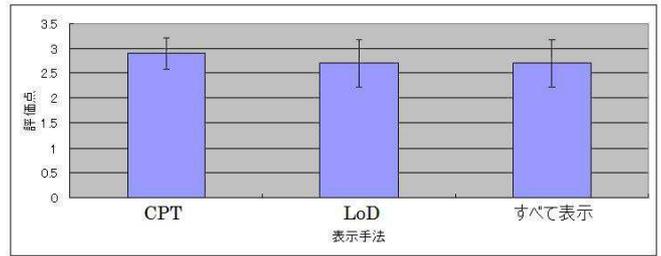


図8 Impart Skill 操作性アンケート (②使いやすさ、グラフ)

※ -3~3 の7段階で評価

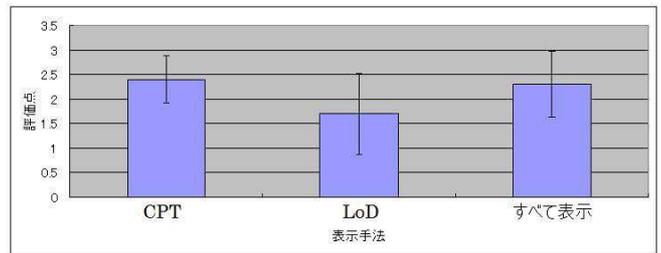


図9 Impart Skill 操作性アンケート (③作業に対し役立つか、グラフ)

※ -3~3 の7段階で評価

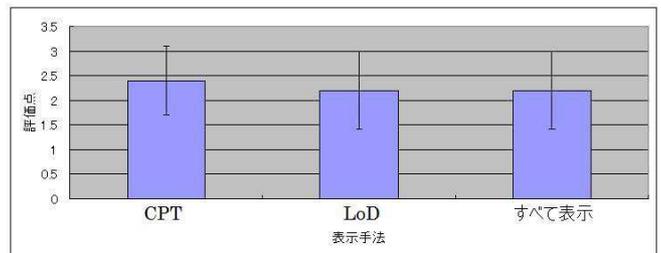
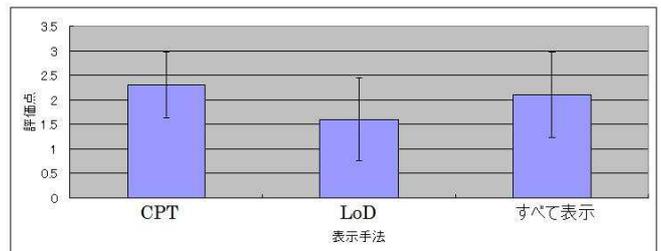


図10 Impart Skill 操作性アンケート (④これからも使っていきたいか、グラフ)

※ -3~3 の7段階で評価



4.5 考察

表 1,2 の実験結果から、CPT による表示手法は他の 2 つの手法よりもロープワークを完成させる所要時間が短く、また、ロープワークの達成度が高かった。このことより、CPT による手法を技能習得に利用することは、作業を効率良く学ぶ上で有効であることが示唆された。そして、すべて表示させる手法が他の 2 つに比べて所要時間が多くなっているのは、この手法が常にアノテーションを全て表示しているため、学習者がアノテーションを読まなくてもできていた作業の場所でアノテーションに注目してしまったため、全ての作業を達成するのに時間がかかってしまったのではないかと考えられる。

表 3 のアンケート結果から、CPT による表示手法は他の 2 つの手法よりも **Impart Skill** の操作性について良い評価が得られた。

以上より、この手法を用いることで、技能の習得がより効率的に行うことができると考えられる。

5. まとめ

利用者の技能習得ビデオの操作から CPT の値をリアルタイムに計算して求め、その値を反映させてアノテーションを制御する手法を提案した。また、この手法を実装してアノテーションを CPT に従って制御するシステムを開発した。スロー再生時に詳細な情報を表示する LoD 法と、CPT 法について、ロープワークを課題とした動画マニュアルを用いて、アノテーションを常時表示する方法と比較する実験を行った。実験結果から、CPT 法が、より短い時間で技能の習得ができ、そして技能を習得するシステムとして使いやすいたことが示唆された。

また、本研究では題材としてロープワークを用いたが、ロープワーク以外への応用可能性としては、**Impart Skill** が動画マニュアルであることから、動きのある作業に対して有効である。例えば、料理、裁縫などにも応用ができるのではないかと考えられる。

参 考 文 献

- [1] Junzo Kamahara , Takashi Nagamatsu , Masashi Tada , Yohei Kaieda Yutaka Ishii. Instructional Video Content Employing User Behavior Analysis : Time Dependent Annotation with Levels of Detail. Proceedings of UMAP2010, pp.92-97, 2010.
- [2] Junzo Kamahara , Takashi Nagamatsu , Yohei Kaieda , Yutaka Ishii. Behavioral Analysis using Cumulative Playback Time for Identifying Task Hardship of Instruction Video. Proceedings of MUST2010, pp.3-4, 2010.
- [3] Takashi Nagamatsu, Yohei Kaieda, Junzo Kamahara, Hiroyuki Shimada: Development of a Skill Acquisition Support System Using Expert's Eye Movement, Proceedings of HCI International 2007 Volume 9, LNCS 4558, pp. 430-439, 2007