

# TUI と GUI を使用した際の学習プロセスの違いの検証

清夏実<sup>†1</sup> 岡誠<sup>†2</sup> 森博彦<sup>†1</sup>

**概要:** コンピュータの普及に伴い、インタフェースも様々な種類が出現し、学習の分野でも使われている。しかし、ユーザが特定のインタフェースを使用した際の学習プロセスに与える影響についてはあまり研究されていない。そこで、TUI と GUI を使用して論理回路を学習するシステムを作成し、学習プロセスを観察した。初めて問題を解く際には GUI・TUI とともに同様の方略を取っていたが、難易度の高い問題になると方略の違いが明らかになった。GUI は持っている知識を使用して問題に取り組み、TUI は様々な方略を切り替えることで問題に取り組んでいた。

**キーワード:** Tangible User Interface(TUI), 学習プロセス, COCOM, プロトコル分析

## Investigation of difference in leaning process by using TUI and GUI

NATSUMI SEI<sup>†1</sup> MAKOTO OKA<sup>†2</sup> HIROHIKO MORI<sup>†1</sup>

**Abstract:** There are several types of interface by the spread of the internet and used interface in leaning. But, Few studies have focused on the changes learning process by using specific interface. We build the system of learning logical circuit on TUI and GUI and investigation of learning process. Participant with TUI and GUI were the same strategy when they solve the first problem. But we found a difference strategy when they solve the difficult problem. Participant solves the problem by using their knowledge in GUI. Participant solves the problem by switching various strategy in TUI.

**Keywords:** Tangible User Interface(TUI), Learning Process, COCOM, verbal protocol,

### 1. はじめに

コンピュータが普及し、様々な場面で使用されるようになってきた。そのなかでも学習の場面で使用されることが多く、e-ラーニングのようにコンピュータを使用して勉強をすることなどがある。また、子供向けの学習の分野で Tangible User Interface(TUI)が注目されている。TUI は情報を物体として表現し、その物体を直接操作することで情報(コンピュータ)を制御する。直感的に操作することが可能なため、子供にも扱うことができるという利点がある。しかし、TUI を使用した学習教材はいくつかあるが、その教育効果はあまり知られていない。これは TUI を使用した際に学習プロセスにどのような影響があるのかが明らかになっていないためと考える。

### 2. 関連研究

TUI を利用した商品として Osmo Coding[1]がある。Osmo Coding はプログラミングを学習するために使用される。動作の絵が描かれているブロックの順番を考えながら並べることで、並べたブロックに従って画面上のキャラクターが動く。これによりプログラミングの概念を学ぶことができるというものである。

同様にプログラミングを学ぶための教材として

Graphical User Interface (GUI)を利用した Lightbot[2]がある。Lightbot は画面上にある動作の絵が描いてあるアイコンを順番を考えながら並べることで、並べたブロックに従って画面上のロボットが動くようになっている。

このように異なるインタフェースを使用して学習を行う商品がある。しかし、ユーザが学習するにあたって使用するインタフェースがどのように影響するのかに関してはあまり研究されていない。

### 3. 研究目的

ユーザが学習を行う際に使用するインタフェースが学習プロセスに与える影響を検証する。

### 4. インタフェースの比較実験

#### 4.1 実験目的

TUI・GUI の影響を知るために被験者が TUI・GUI を使用して課題に取り組む過程を通じて、学習プロセスへの影響を検証する。

#### 4.2 実験方針

2 つのインタフェースを使用した論理回路を学習するシステムを作成し、被験者に課題を解いてもらった。

学習システムは 6×8 の盤面上に論理記号やリード線、スイッチ、ランプを使用し回路図を組むものである。TUI はブロックを直接触ってもらい木枠の盤面にブロックをはめる操作をおこない(図 4.1)、GUI はマウスのクリックとドラックで操作を行う(図 4.2)。オブジェクトは出力の「ランプ」、入力「スイッチ」、論理記号の「AND 記号」「OR 記号」

<sup>†1</sup> 東京都市大学工学研究科システム情報工学専攻  
Tokyo City University Graduate Division Graduate School of Engineering  
Systems Information Engineering

<sup>†2</sup> 東京都市大学知識工学部経営システム工学科  
Tokyo City University Undergraduate Division Faculty of Knowledge  
Engineering Department of Industrial and Management Systems Engineering

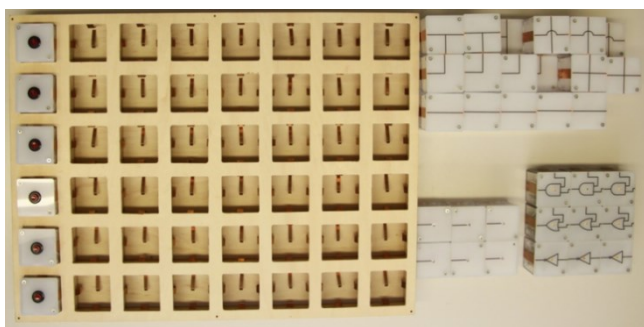


図 4.1 実験システム(TUI)

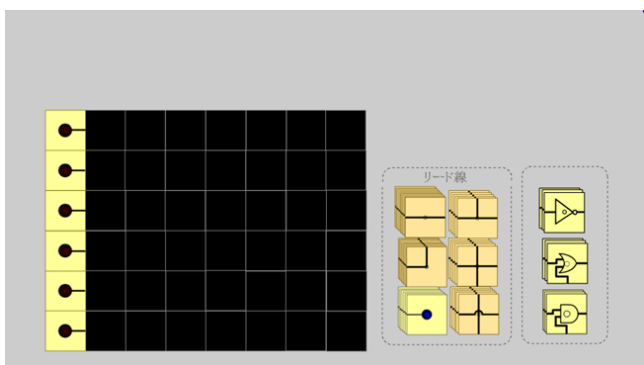


図 4.2 実験システム(GUI)

「NOT 記号」, 「リード線」を用意した。

課題は論理回路の真理値表を見て、回路図を作成する問題である。実験中は、被験者に考えていることを発話しながら問題に取り組んでもらい、その様子を被験者の行動が映るように撮影した。

#### 4.3 実験方法

論理回路を学習するシステムを使い被験者に課題を解いてもらった。インタフェースの操作説明は紙に記載し、実験中に読み返せるようにし、論理回路の説明も同様に紙に記載した。

実験は1週間ごとに難易度を上げながら6週間(6回)行った。1回につき6問の問題を解いてもらった。

第1回目は被験者がどのように考えて問題に取り組むのを見るために性格診断テストを行った。その結果を踏まえて被験者を TUI と GUI に振り分けた。被験者は TUI を使用する人が3人, GUI を使用する人が3人に振り分けた。

第2回目以降の実験では論理回路の課題を解いてもらう。第2回目の課題は真理値表の見方が分からないという予備実験の問題点を考慮するために真理値表の見方に慣れるように回路図から真理値表を埋めていく問題を解いてもらう。

第3回目以降は真理値表から回路図を作成する問題を解いてもらう。第3回目は1つの問題に対して論理記号を2つ使用する指定をした。第4回目は論理記号を3つ, 第5, 6回目は指定しない問題にすることで課題の難易度を徐々に上げていった。さらに、第5回目までは出力であるラン

プの数が1つだったが第6回目はランプを2つにすることで第5回目までのランプが1つの課題とは異なった応用の課題を出題した。

## 5. 分析方法

実験の合計時間は19時間あった。実験中に録画していた映像に行動や被験者の発話にタグ付けをし、プロトコル分析のためのデータとした。

被験者がどのような行動を行っているかを見ていくために、Hollnagel[3]の状況決定制御モデルを参考に被験者の行為を振り分けていく。状況決定制御モデルは次の行動は現在の状況に基づいて行われているという考えである。状況決定制御モデルで提唱されている5つのモードで行為一つ一つに対してタグ付けを行った。

混乱状態：どんなことを行うべきかがわからずにパニックに近いような状況

探査的：正解までの方略はないため、正解のためのヒントを探していくような状況

楽観的：持っている方略から手あたり次第に実行していくような状況

戦術的：正解までの手段は完全に把握していないが、自分の中の知識を使用して手段を作成していく状況

戦略的：正解までどのように取り組んでいけば正解することが出来るか、全体を把握している状況

このモデルを使用しても5つのモードをどのように遷移をしていくかに注目をする。被験者がどのような振る舞いを行いながら学習をしていくのかを見ていく。

## 6. 分析結果・考察

### 6.1 正答情况

第6回の問題は第3回から第5回までのランプが1つの問題と異なりランプが2つの問題になっている。このランプが2つの問題はランプが1つの問題と同じ解き方とは異なった解き方をしなければいけなかった。

問題数は6問あるが、GUIの被験者はすべての問題を解いた人はいなかったが、TUIの被験者は3人中2人が最後まで問題を解くことが出来た。これはランプが2つになったため、今までの問題に応用を加えた考え方をする必要があったが、GUIは応用することが出来ず、TUIは応用した考えをすることが出来たためと考える。そのため、第3回から第5回の間の方略に違いが出たのでこのような結果になったのではないかと考える。

### 6.2 混乱状態・戦略的モード

すべての問題において混乱状態モードが出ることはなかった。これは、実験中は時間の制約を設けなかったため、パニックになるような混乱状態モードには遷移しなかったと考える。

また、TUI と GUI 共に簡単な問題に対しては戦略的モー

表 6.1 モード出現確率 GUI

確率	楽観	探査	戦術
初期	0.19	0.13	0.68
後期	0.54	0.07	0.39
応用	0.62	0.01	0.37

表 6.2 モード出現確率 TUI

確率	楽観	探査	戦術
初期	0.34	0.15	0.51
後期	0.33	0.40	0.27
応用	0.34	0.36	0.30

ドにおいて問題を解いていた。これは簡単な問題のため、問題を見るとすぐに答えを理解できるため、戦略的モードで解くことが出来たと考える。

このように混乱状態・戦略的モードは2つのインタフェースにおいて同様の出現をし、他のモードとの遷移をあまり行わずに解くことが出来た。

### 6.3 モードの出現確率

方略をどのように形成していくかを見ていくために、実験期間を3つの段階に分けた。

初期：第3回目

初めて論理回路図を組む段階であり、方略を形成していく段階

後期：第4回目・第5回目

論理回路図を作成することにある程度慣れており、方略が決まっている。問題の難易度が徐々に上がっている段階

応用：第6回目(ランプが2つの問題の回)

初期・後期の問題とは異なりランプが2つの問題に取り組んでもらう。今までの解き方では解けないため基礎の問題に応用を重ねなければいけない段階それぞれのインタフェースが3つの段階でどのモードにどの程度滞在していたのかを表 6.1 と表 6.2 に記述した。

初期の段階では TUI・GUI 共に同じモードに滞在していたが、後期・応用の段階では異なるモードに滞在していた。

GUI を使用した場合、初期の段階では戦術的モードに多く滞在しているが、後期・応用の段階では楽観的モードに多く滞在していた(表 6.1)。

TUI を使用していた場合、初期の段階では GUI 同様に戦術的モードに滞在しているが、後期・応用の段階では3つのモードにまんべんなく滞在していた(表 6.2)。

以上のことから初期の段階では2つのインタフェースともに戦術的モードに多く滞在しており、問題に初めて取り組む際には同様の方略を取っているためであると考えられる。

後期の段階では GUI は楽観的モードに多く滞在し、TUI は3つのモードにばらけて滞在していた。これは、問題へ

取り組むことになれば、問題の難易度が上がると2つのインタフェースを使用した時の方略に違いがでたためと考える。

応用の段階ではすべての問題を解くことの出来なかった GUI は探査的モードにほとんど滞在していないが、3人中2人が解くことの出来た TUI は探査的モードに多く滞在していた。これは新しい方略に切り替えることで問題に取り組んでいたためであると考えられる。

### 6.4 楽観的・探査的・戦術的モード

後期・応用の段階になると2つのインタフェースを使用することで方略に違いが見られた。そのため、どのようにモード遷移が行われているかを見ていく。図 6.1 と図 6.2 はモード遷移の確率を表したものである。確率が高いと色が濃くなり、確率が低いと白に近い色になっている。

GUI を使用した場合、初期の段階では戦術への遷移が多かったが、後期・応用の段階になると戦術的・楽観的間の遷移、楽観的への遷移が多かった(図 6.1)。

TUI を使用した場合、初期の段階では GUI 同様に楽観から戦術の遷移、戦術への遷移が多かったが、後期・応用の段階になると3つのモードをまんべんなく遷移している(図 6.2)。

以上のことより、初期では GUI と TUI ともに戦術へのモード遷移が多いことが分かった。これは問題を解くことに慣れていないため、よく考えることで解いていこうという共通の方略があったためと考える。

後期では GUI は戦術的・楽観的間の遷移、楽観への遷移が多く見られた。これは持っている知識をもって問題に取り組もうとしているが手段が伴わず手当たり次第に持っている手段を試していくという方略で解いているためであると考えられる。TUI は3つのモードをまんべんなく遷移していった。これは難しい問題になると、持っている方略を次々に切り替えることで問題に取り組んでいるためと考える。

応用では GUI は楽観へのモードが多かった。これは応用を聞かせなければいけないような問題に対しても後期の段階で行っていたような方略をそのまま使用して問題に取り組んでいたためではないかと考える。そのため、応用の問題に対して適応することが出来ずに GUI を使用した被験者はすべての問題を解くことが出来なかったと考える。TUI は応用の段階でもまんべんなく3つのモードへの遷移が見られた。これは応用を聞かせなければいけない問題に対しては方略を新しい問題に適したものに切り替えようとしているためであると考えられる。そのため、応用が必要な問題に対しても3人中2人の被験者が問題をすべて解くことが出来たと考える。

## 7. 結論

ユーザが学習を行う際に使用するインタフェースが学習プロセスに与える影響を検証するために TUI と GUI を比較する実験を行った。

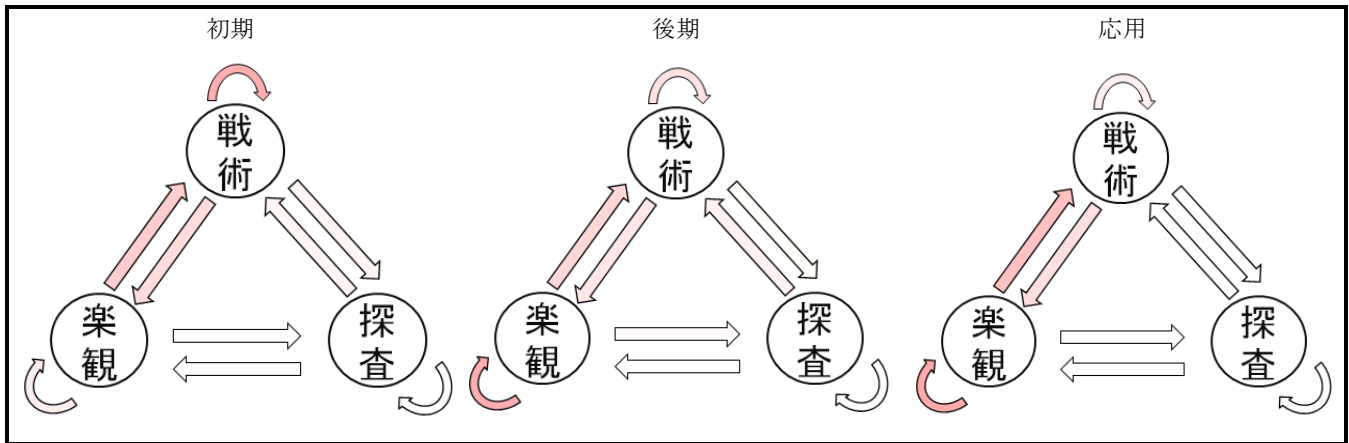


図 6.1 GUI のモード遷移

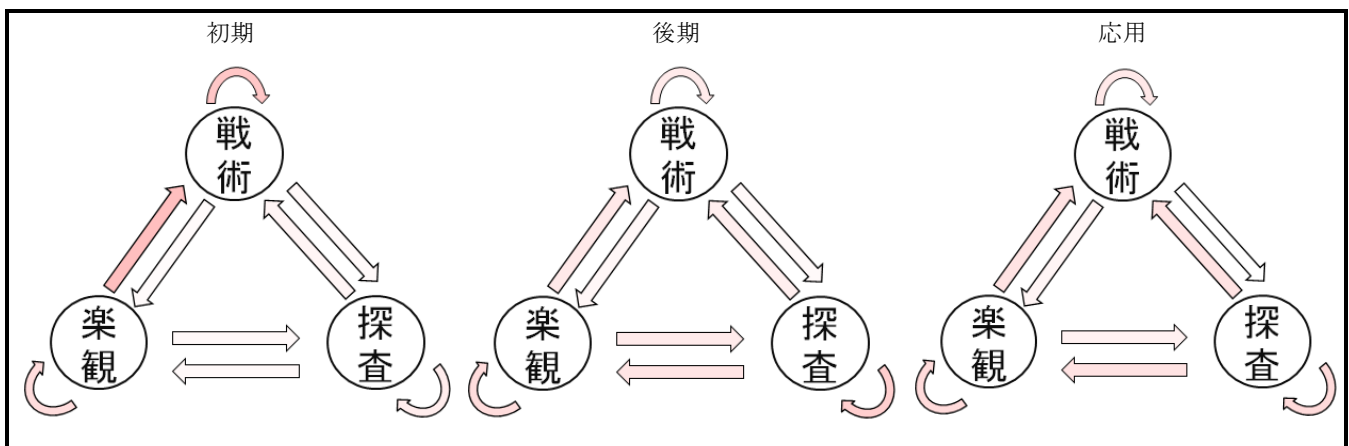


図 6.2 TUI のモード遷移

TUI・GUI ともに初期では戦術への遷移が見られ、慣れていない問題に対しては持っている知識を使用して問題に取り組もうとしていることが明らかになった。

難易度が高くなる後期の問題と応用の問題に関して2つのインタフェースに違いが見つけられた。

GUI は難しい問題の際も持っている知識のみを使用して問題に取り組もうとするが、知識が伴わず様々な手段を試していくという方略を取っていった。このような方略を応用の段階にも行ったため、解き方を応用しなければ解くことの出来ない問題は最後まで解くことが出来なかった。

TUI は難しい問題の際には持っている知識では解けなくなると1つの考えにとらわれずに様々な方略を切り替えることで問題に取り組んでいた。また、応用の段階の際にもこのような方略を切り替えることで問題に取り組むことで応用が必要な問題に対しても新しい考え方をもち取り組むことですべての問題を解き終わることが出来た。

GUI を使用した場合は初期から応用の段階にかけて持っている知識を使用して問題に取り組もうとしていた。

TUI を使用した場合は初めて問題に取り組む際には自分の知識を持って問題に取り組もうとしていたが、問題の難易度が上がると様々な方略に切り替えることで問題に取り

組んでいった。

以上のようにTUIとGUIを使用することで学習プロセスに影響を与えていたと考える。

## 8. 今後の課題

今回はTUIを使用するとどのような理由で新しい考えを生むことが可能になるのかという事については明らかにならなかった。今後、その理由について明らかにしていきたい。

## 参考文献

- 1) Osmo Coding :<https://www.playosmo.com/en/coding/>
- 2) Lightbot. <http://lightbot.com/hocflash.html>
- 3) Erik Hollnagel. Human Reliability Analysis: Context and Control : Academic Press, 1994