

Planning and the user interface: the effects of lockout time and error recovery cost

O'Hara, K. P. & Payne, S. J. (1999). Planning and the user interface: the effects of lockout time and error recovery cost. *Int. J. Human-Computer Studies*, 50(1), 41-59.

Abstract

本研究では三つの実験に、ユーザーインターフェースに通じて、問題解決について **Rational analysis** による予測を検証する：問題空間のオペレーターを実行するコストを増やすにつれて、問題解決するときのプランニングすることも増やして、現実世界での行動／実行を減少する。

General Introduction

Planning and operator implementation cost

プランニングとオペレーター（操作子）実行するコスト

- **planning** プランニングと **acting** 実行の関係
 - ◇ 認知科学での重要な論争
 - ◇ HCI（人間とコンピュータとの相互作用）にも同じ重要
- **planning** と **acting** は高速、同時進行することである。
- その故、問題解決は問題空間の心的内在表象と現実世界の物理的表象（或いはディスプレイ）に分散されていることと見なせる。(Zhang & Norman, 1994).
- これによって、問題空間の探索は、心的内在表象即ち「**planning**」と現実世界の物理的表象即ち「**acting**」との間で横断することと主張できる(O'Hara & Payne, 1998).

- **Scribner (1984)**
 - ◇ 職人は牛乳一本ずつのボトルを箱ずつにつめること
 - ◇ お客様の注文した目標額を達成する必要がある。
 - ◇ 物理的／体力の労働を軽減するために、より多くの心的計算ストラテジーを行う。

- **O'Hara and Payne (1998)**
 - ◇ 問題解決活動におけるプランニングする程度はタスクの特徴によって決まる。
 - ◇ どの特徴がよりプランニングを促進か抑制かを予測するために、**rational analysis** を使う
 - ◇ コストを増やすことで、問題空間の引き続いて探索する行動が行われる
 - ◇
 - ◇ **rational analysis** 最適化原則の予測によって、もっと先でのプランを生成するために増やしたコストと目前の最適化プランにおける期待された利益（改良する機能や確率）とのバランスを取れなくなるまでに、プランニングは続く。(Simon, 1978; Anderson, 1995).

- **O'Hara and Payne** が問題解決演算子 **implementation cost** を考案する
 - ◇ 特定の操作子の効果を現実世界象に遂行するためのコストを表す

- the amount of time 時間の長さ
 - physical effort 物理的努力
 - mental effort 心理的努力。
- ◇ 具体的に例えば、コストが時間だけの場合を考えて、
- ただ今の最適化プラン B1 がゴールに達するまで 10 歩が要る。
 - 新たな一つのプランを生成するために 5 秒が要りながら、プラン B1 のゴールに達するまでに 1 歩を減少できる（つまりプラン B1 で、ゴールに達するまで 9 歩が要ることになる）
 - 新たに生成されたプランに関わる特定の操作子の遂行コスト implementation cost が 1 秒の場合、1 歩の減少と同時に、1 秒を節約できる。
 - よって 5 秒を増やすことと 1 秒を節約することのバランスを取れないから、プラン B1 を受け入れる。
 - 新たに生成されたプランに関わる特定の操作子の遂行コスト implementation cost が 10 秒の場合、1 歩の減少と同時に、10 秒を節約できる。よって 5 秒を増やししながら、10 秒をも節約できるゆえで、このとき、新たに生成されたプランを受け入れる。
 - 操作子における遂行コスト implementation cost の増やすことにつれて、プランニングも増やす。
 - よって、増やしたプランニングがゴールに達するまで必要な acting を減少できる
- ◇ また、Anderson(1993)の goodness distribution によって、目前のプランのより良くなればなるほど、そのプランをさらに改善することがますます難しくなる
- ですから（最適化プランを生成するために）改善／改良するために、より多い心的探索時間がかかる
 - 同じ問題の繰り返すことで、よりよい最初のプランを生成できるかどうかについて、
- ◇ 学習してからより良いプランを生成できても、特定な遂行コスト implementation cost から、増やしたプランニング時間とのバランスをとくことがますます難しくなるよって、プランニングをできるだけ早く止めたほうが良いという結論が出る。
- 即ち、妥協、現状を受け入れることがより早く出て来る。
 - 学習程度とより良いプランの想起により、試行数の増やし連れて、プランニング時間が軽減されることが予測できる

Experiment 1

■ Introduction

- ユーザーインターフェース設計に関わる重要な焦点
 - ◇ 「エラー回復」のコストを軽減すること
 - ◇ 大部分のエラー回復支援に関する研究は、ユーザー期待通りの最適な“undo”機能或いはシステムのより早い状態に戻る順応性を用意することに着目(e.g. Yang, 1988).
 - ◇ ここでは **rational analysis** の予測から見ると、エラー回復に要するコストは、問題解決ストラテジーに確実な影響を及ぼすかどうか？
- O'Hara and Payne (1988)
 - ◇ 問題空間の前向き探索に関わるコストとエラー回復に関わるコストとの確実に区別すること無い
 - 彼らの実験で使われた **eight-puzzle** (本文の実験 2 参照) の問題空間に **blind-alleys** がない故で (つまり進路は全て違法という行き止り状態は存在しませんから)、区別しようとしても出来ない。
 - (問題空間の前向き探索に関わるコストに対して)、エラー回復に関わる独自のコストを研究するために、問題空間に **blind-alleys** の含む **slide-jump puzzle** を使う
 - ◇ **The cost-benefit framework** は“被験者がある程度の **mental effort** は将来の心理的作業を節約できることという潜在的な利益を判断できること”と仮定する
 - しかし前の実験で、**high-cost** 条件と **low-cost** 条件との差別は直接被験者に経験されて、不確実な将来で現れることだけではありません
 - それに対して、その唯一の違いがエラー発生のコストであるとき、被験者と装置との相互作用をし始めた後、この違いは直接に影響を与えません。
 - その故で、問題解決者は将来のコストと利益について感じやすいという概念を検証するために、より直接の方法はエラー回復の操る実験

■ 実験方法

- 被験者
 - ◇ 30 名学生 (psychology department of the Uni. of Wales, College Cardiff.)
 - ◇ 謝礼として、3 ポンド或いは必修科目の点数をあげる



FIGURE 1. The slide-jump puzzle.

- 課題 : The slide-jump puzzle (Figure 1 参照)
 - ◇ 3 枚の丸●、3 枚の正方形■が 1 列に並んで、中央には 1 つの余白で分けられた
 - ◇ 初期状態 : 全ての●は右にあり、全ての■は左にあり
 - ◇ 目標状態 : 全ての●を左に移る、全ての■を右に移る
 - ◇ 制約 : どの 1 枚を余白の位置までに滑らせる、或いは他の 1 枚を飛び越えて、余白の位置までに移動する。但し丸を左へ、正方形を右へしか移動できません

- 実験装置
 - ◇ Apple Macintosh II vi と拡張キーボード一つ
 - ◇ 課題は Hypercard ハイパーカード (Version バージョン 2.0) で表示する

註 : HyperCard とはハイパーテキストを実現した最初の商用ソフトウェア。プログラミング言語でもあり、あるいは UNIX のようなソフトウェア開発環境ともいえる。多くのプログラミング言語が一からプログラミングするのに対して、HyperCard はあらかじめ用意された部品を組み立ててソフトウェアをつくっていきける。アップル・コンピュータのビル・アトキンソンが開発した。ゲームの制作、簡単なプログラムの開発に利用される。

- ◇ 移動方法
 - 丸か正方形の各枚に独自の番号が付けされている
 - 丸か正方形の 1 枚を移動させたいとき、それぞれの番号を押すだけで、その 1 枚を移動できる。
- ◇ 被験者の「illegal 違法な」動きは禁止されます。違法な動きが有れば、短い beep 音で警告される。

- ◇ Low-cost undo インターフェース群
 - “0” キーを押す。
 - “0” キーを一回押して、一步だけ後戻りできる ; 二回で二步
- ◇ High-cost undo インターフェース群
 - “0” キーを押してプロンプト記号を示して、
 - “undo last move”、を入力して
 - “return” キーを押す。
 - 一步後戻りするために、この手続きを全てしなければなりません。
 - syntax errors シンタックス - エラー (構文上の誤り) が有れば、被験者は警告されて、頭から全ての command コマンドを入力し直さなければなりません。

- 実験デザイン
 - ◇ 2 要因混合計画
 - 異なるインターフェースの使いによる、問題解決行為の違いを比較する。
 - ◇ 被験者間 : インターフェース (high-cost 群と low-cost 群)
 - ◇ 被験者内 : 試行 (1-10 回)
 - ◇ 従属変数 :
 - the number of moves to solution 解に到達まで動きの数
 - total time to solution 解に到達までかかる時間

- the inter-moves latencies 相互作用する動きの潜在時間(as a measure of cognitive effort 認知作業の測る尺度とする) (cf. Ericsson, 1947a-c; Robertson & Black, 1986)
- 実験手続き
- ◇ 被験者は slide-jump puzzle の目標状態、制約、移動方法を告知されて、
 - ◇ 同じ問題何回をも解くことが必要と被験者に教示、
 - ◇ 準備が出来たら、マウスをクリックすれば、コンピュータは第 1 試行を呈示する、被験者は始める。
 - ◇ 各被験者は 10 試行の問題を解く。
 - ◇ 各試行の終わりに、“get next task” をクリックすると、被験者は次に試行に進める。
- 実験結果 (Table 1 参照)
- 全てのデータは対数変換 log transformed、
- 分散分析 ANOVA を行った (cf. Ericsson, 1974)
- ◇ Number of moves to solution :
 - Interface : $F(1, 18)=6.50, p<0.05, MSe=0.348$
 - Trial : $F(9, 162)=36.52, p<0.01, MSe=0.036$
 - Interaction : $F(9, 162)=3.00, p<0.01, MSe=0.036$
 - ◇ Total time to solution
 - Trial : $F(9, 162)=52.05, p<0.01, MSe=0.041$
 - ◇ Inter-move latencies
 - Interface : $F(1, 18)=5.10, p<0.05, MSe=0.105$
 - Trial : $F(9, 162)=6.89, p<0.01, MSe=0.015$
 - Interaction : $F(9, 162)=9.51, p<0.01, MSe=0.015$
- 連続試行の異なる条件間の傾向分析
- ◇ the number of moves and the total time to solution
 - significant linear and quadratic curve components in both the high and low cost conditions ($p<0.01$).
 - ◇ the inter-move latency data
 - only the curve in the high cost undo condition contained significant linear and quadratic components ($p<0.01$)

TABLE 1
Experiment 1: a table showing the effects of high and low undo operator implementation costs on: (a) the mean number of moves; (b) the mean total time to solution; (c) the mean inter-move latencies

Trial	Number of moves			Total time (s)			Inter-move latencies (s)		
	High cost	Low cost	<i>p</i>	High cost	Low cost	<i>p</i>	High cost	Low cost	<i>p</i>
1	72	196	< 0.01	695	679	ns	10.2	4.0	< .01
2	42	172	< 0.01	463	335	ns	7.8	3.4	< .01
3	29	65	< 0.05	213	204	ns	5.8	3.5	< .05
4	23	44	ns	150	119	ns	4.5	3.6	ns
5	19	33	ns	110	78	ns	3.9	3.9	ns
6	19	31	ns	106	79	ns	3.8	4.1	ns
7	17	25	ns	98	64	ns	3.6	4.1	ns
8	17	47	ns	140	74	ns	4.1	4.1	ns
9	20	27	ns	88	95	ns	4.2	3.9	ns
10	16	34	ns	97	66	ns	4.0	4.2	ns

■ Discussion

- 結果は **cost-benefit model** の予測と一致する
 - ◇ インターフェースが **high-cost** 条件の時、解に到達するまで動きの数（少なくとも最初に）はより短い
 - ◇ **low-cost** 条件と比べて、**high-cost** 条件では、引き続いてプランニングを立てるコストは長い間で現実世界での物理的探索のコストより低いままである
 - それは、動きの選択肢は貧しい **high-cost implementation** のせいである。
 - ◇ と言うわけで、被験者は長く引き続いてプランニングを立てれば立てるほど、外在の問題空間の表象の（現実世界の物理的）動きはより少なくなります。それも解に到達するまでより短い動きの数ではっきり示されました。
 - ◇ **high-cost** 条件と **low-cost** 条件との解に到達するまで動きの数の差別は最初だけで見られた理由は多分、解の鏡像パスは二つしかありませんので
 - ◇ 傾向分析で示したように、被験者は実験の流れで、一つか二つのパスをとともに学習できるから、後期の試行で最適の解答を出せることになる。

Experiment 2

■ Introduction

- 遂行コスト (implementation cost) に検証：時間に関わる限定
- ロックアウトタイム (lockout time)
- Lockout 定義 (Corley, 1976) :
 - ◇ システムのフィードバックとシステムの次の入力に準備できた時点の間隔
 - ◇ (ユーザーの入力する時点としすてむのフィードバックの間隔とは違う)

システム反応時間とロックアウトタイムの
ストラテジー選択とタスク. パフォーマンスに与える影響

- 先行研究では、一致する結論ありません
 - ◇ Grossberg et al. (1976) ; Bergman et al. (1981) ; Boehm et al. (1971)
 - 増やした遅延時間がより熟考した、慎重な問題解決に導く
 - 問題解決活動の中で、より少ない使われた指令、より少ないエラー
 - ◇ Shneiderman (1979)
 - ユーザーが異なるシステム反応時間により違いストラテジーを選択する
 - パフォーマンスは特に変わりません
 - ◇ Miller (1968) ; Martin and Corl (1986)
 - 増やしたシステム反応時間がタスク. パフォーマンスに負の影響を与える
- 一致する結論なしの原因
 - ◇ 恐らく異なる課題と従属変数を使う (Teal and Rudnicky, 1962)
- The cost-benefit モデルを使う
 - ◇ 異なるパフォーマンスを予測できる
 - ◇ タスクの特徴に基づく
- 実験目的
 - ◇ Eight-puzzle のユーザーインターフェースにおける lockout time を操る
 - ◇ オペレーター遂行コスト (operator implementation cost) における、時間の重要性を実証する
 - ◇ タスク. パフォーマンスを検証する
- The eight-puzzle
 - ◇ 8 枚の 'tiles' (タイル状薄片)、各自の番号つけ
 - ◇ 3 x 3 マトリックス、セルの一つが空いている
 - ◇ 目標状態：Figure 2 参照
- The cost-benefit モデルに基づく planning と action に関わる仮説
 - ◇ それぞれのオペレーター遂行する時、より長いロックアウト. タイム付ける
 - より多くプランニング生じる
 - より短い解に到達するパスに導く

- 前提として、**lockout time** がプランニングと行動の相対的なコストを変える
 - ◇ 遂行するタイム. コストは増やす
 - ◇ プランニングのタイム. コストが減少する(lockout time の間で、**planning** するから、全体的解答時間に影響なし).
- ゼロ秒以上ロックアウト. タイムが被験者のストラテジーに影響を及ぼす感情的反応に促進し
- よって、二つの非ゼロ **lockout time** を使われて、比較する

■ 実験方法

- 被験者
 - ◇ 20 名学生 (school of psychology of the Uni. of Wales, College Cardiff.)
 - ◇ 謝礼として、6 ポンド或いは必修科目の点数をあげる
- 課題 : **eight-puzzle**
 - ◇ 初期状態 : Figure 3 参照
 - ◇ 目標状態 : Figure 2 参照

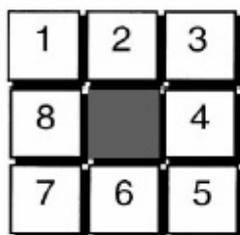


FIGURE 2. The goal configuration the eight-puzzle used in experiment 2.

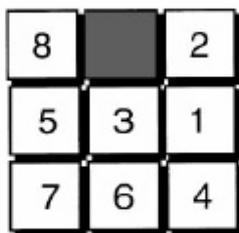


FIGURE 3. The start configuration used for the eight-puzzle in experiment 2.

- 実験装置
 - ◇ Experiment 1 と同じですが、
 - ◇ システム反応とユーザーの次の動きとの間での **lockout** 時間を付ける
 - **high-cost** 条件では約 7 秒 ; **low-cost** 条件では約 3.3 秒
 - ◇ この **puzzle** には、**undo** 操作の必要なし

- 実験デザイン
 - ◇ 2 要因被験者間計画
 - ◇ 被験者間：インターフェース
 - 1 番目の動きには直接のフィードバック、2 番目の動きからには、
 - high-cost 群：450 ticks（7 秒）後、次の動きを出せる指示（ビープ音）
 - low-cost 群：200 ticks（3.3 秒）後、次の動きを出せる指示（ビープ音）
 - ◇ 被験者内：試行（1-10 回）
 - ◇ 従属変数：
 - the number of moves to solution 解に到達まで動きの数
 - total time to solution 解に到達までかかる時間

- 実験手続き
 - ◇ Experiment 1 と同じ
 - ◇ 各被験者は同じ初期状態から、10 試行を行う

TABLE 2
Experiment 2: a table showing the effects of different lockout times (7 s vs. 3.3 s) on: (a) the mean number of moves to solution: (b) the mean total time to solution

Trial	Number of moves			Total time (s)		
	7 s	3.3 s	<i>p</i>	7 s	3.3 s	<i>p</i>
1	73	100	< 0.05	755	591	ns
2	49	98	< 0.05	530	491	ns
3	49	53	< 0.05	457	241	ns
4	40	67	< 0.05	351	285	ns
5	27	53	< 0.05	351	285	ns
6	29	40	< 0.05	255	175	ns
7	20	48	< 0.05	173	218	ns
8	27	47	< 0.05	245	231	ns
9	23	67	< 0.05	199	261	ns
10	26	60	< 0.05	218	259	ns

■ 実験結果（Table 2 参照）

- 全てのデータは対数変換 log transformed、
- 分散分析 ANOVA を行った（cf. Ericsson, 1974）
 - ◇ Number of moves to solution :
 - Interface : $F(1, 18)=7.66, p<0.05, MSe=0.347$
 - Trial : $F(9, 162)=8.46, p<0.01, MSe=0.046$
 - ◇ Total time to solution
 - Trial : $F(9, 162)=11.57, p<0.01, MSe=0.052$

■ Discussion

- ここで、**inter-move latency** を測ること出来ません。
 - ◇ なぜなら、例えば測った時間が延ばした場合、どちらが本当の原因は確認できませんから。
 - 「増加した認知活動で延ばした時間」？
 - 「**lockout time** で延ばした時間」？

- 実験結果によって
 - ◇ 問題解決ストラテジー選択に **lockout time** の操ることが影響を与えた。
 - ◇ **The cost-benefit** モデルの予測と一致する
 - より長い **lockout time** がより短い解に到達するパスに導く
 - ◇ 解に到達するパス：外在物理的表象における問題空間の探索する指標と見なせる；よって、より長い **lockout time** の場合で、被験者の分散的問題空間における探索行為は：
 - より少ない外在物理的表象の探索、即ち **acting**
 - より多い内在心理的表象の探索、即ち **planning**

 - ◇ 逆に、より短い **lockout** 条件で、より長い解に到達するパスが出る場合
 - より多い外在物理的表象の探索
 - より少ない内在心理的表象の探索

 - ◇ プランニングの活発 (**planfulness**)
 - 課題に関わるオペレーターのコストとは相関あり
 - 解に到達までかかる時間の分析結果と一致する
 - ◇ なぜなら、もしオペレーター遂行コストが **planning** と **acting** に影響なければ、
 - 結果に遅延時間が反映すべき、
 - しかも 7 秒遅延条件は 3.3 秒条件より長い解に到達まで時間かかるはず
 - ◇ が、二条件間の統計的有意差なし
 - つまり **lockout** コストがプランニング活動を増やすという結論を支持する

- より多い心的活動が全体的 **lockout time** を減少できる (**greater mental activity can reduce the overall temporal effects of a doubling in lockout time.**)

- 解に到達までかかる時間の分析結果
 - ◇ O'Hara and Payne (1998)の結果と一致しません
 - 高い遂行コスト条件では、より長い解に到達まで時間かかる
 - ◇ 統計的有意差なしに対して可能な解釈
 - **Lockout time** の故で、たとえ遂行コストが損の場合でも、ユーザーは引き続いてプランニングすることでき、禁じられません
 - ◇ O'Hara and Payne (1998)
 - 指令の文字列の長さの増やすことが、遂行コストが損の場合に同時的起こるプランニングが妨害されることを指す

Experiment 3

■ Introduction

- puzzle-like タスクより、実験結果を日常生活に推論／応用できる課題のほう
 - ◇ puzzle-like タスク：鋭い認知能力が必要
 - ◇ コンピュータ使う課題：「問題」と思われません
- 日常生活における問題解決
 - ◇ 即時のストラテジー
 - ◇ プランニングが必要なし
- 実験目的
 - ◇ 現象の一般化能力？（the generalizability of the phenomena）を検証する
 - コンピュータを使って、易しい管理のタスクを行う
 - オペレーターコストのパフォーマンスに与える影響を調べて
 - ◇ 書類間でのテキストを繰り返してコピーすること
 - ◇ コピーとペースト機能を使った後システムの **lockout time** の操ること
 - 普通のコンピュータ使う経験には **lockout** なしであるから、この実験では **lockout** なし条件と 7 秒 **lockout** 条件を比較する。

■ 実験方法

- 被験者
 - ◇ 20 名学生（psychology department of the Uni. of Wales, College Cardiff.）
 - ◇ 謝礼として、2 ポンド或いは必修科目の点数をあげる
- 会議の参加者に手紙を書く
 - ◇ 各項目の明細
 - 参加費 registration fee（Speaker, delegate, committee member, BCS member）
 - 宿泊 Accommodation（Queen Mary hall, New Hall, Broomhill Hotel, own accommodation）
 - 食事 Eating arrangement（Lunches and Dinners, Lunches only, Dinners only, own meals）
 - ◇ 各項目の情報が別々のリストで記録された
 - 各リストには 4 つのカテゴリー
 - 各カテゴリーには 5 名参加者が属する（4 x 5=20 名）
 - ◇ 各参加者の住所
- 全ての情報を埋めて、正しさを確認された後、手紙をプリントアウトできる
 - ◇ “printed” ボタンを押して、印刷する
 - ◇ 20 通の手紙が全てプリントアウトされた後、タスクが終わる。

- 特に制約なし
- 一番効率あるストラテジー
 - ◇ **sub-category heading** をコピーして、クリップボードに保管されているとき、需要のところへペーストする
 - ◇ データが直接見えないから、高度の心理的努力が必要
- 他のストラテジー
 - ◇ より少ない心理的努力、より多い物理的努力と時間が必要
- その故で、このタスクが問題解決と類似しているトレードオフある

<u>Accomodation</u>	
Queen Mary Hall - £60.00	Dr. Simon Jones Dr. Jo Morris Dr. Edward Scott Dr. Peter Tyler Dr. Kevin Walters
New Hall - £87.50	Dr. Anthony Davies Dr. Leslie Harris Dr. Graham Price Dr. Mary Simpson Dr. Timothy West
Broomhill Hotel - £96.00	Dr. Charles Brown Dr. Stuart Lounds Dr. Evan Morgan Dr. Ralph Nesbitt Dr. Carl Young
Own accommodation - £0.00	Dr. James Ellis Dr. Clare Foster Dr. Paul Oldman Dr. Nigel Reeves Dr. Catherine Vale

FIGURE 4. An example of one of the lists: accommodation.

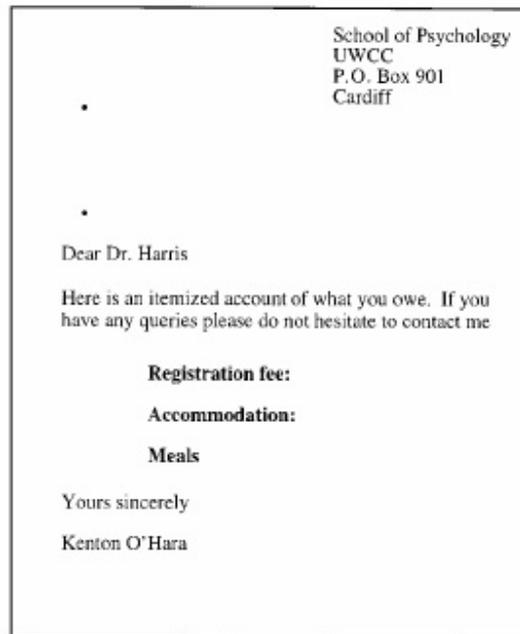


FIGURE 5. The skeleton letter for one of the attendees.

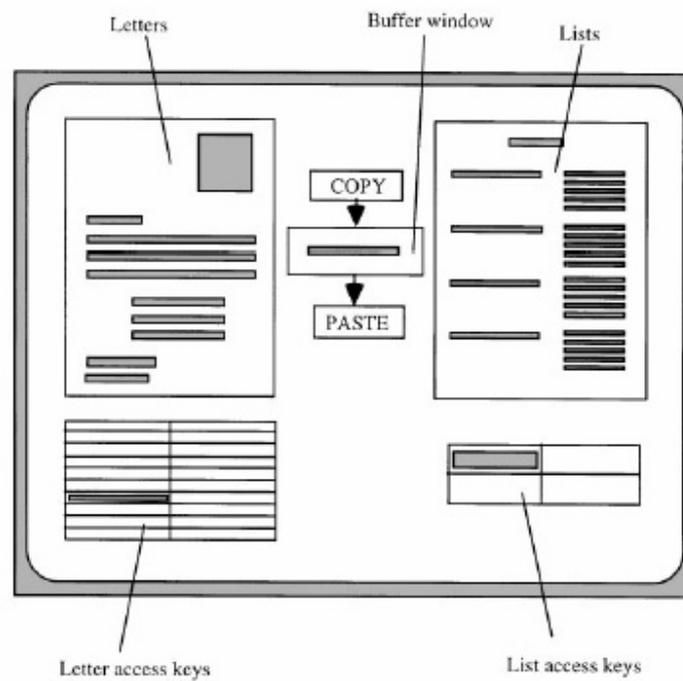


FIGURE 6. The layout of the interface for the conference organization task.

- 実験装置
 - ◇ Macintosh Quadra 700 と 20 インチのスクリーン一つ
 - ◇ 課題は Hypercard ハイパーカード (Version バージョン 2.0) で表示する
 - ◇ キーボードなし (外される)、マウスしか使えません
 - ◇ よって、「copy」、「paste」の二つの機能しか使えません
 - ◇ レイアウト (Figure 6 参照)
- 実験デザイン
 - ◇ 1 要因被験者間計画
 - ◇ 被験者間：インターフェース
 - high-cost 群：450 ticks (約 7 秒)
 - low-cost 群：0 ticks (0 秒)
 - ◇ 従属変数：(データを自動的に集める)
 - The number of button presses used to complete the task 課題を完成するまでのボタンの押された回数
 - The amount of time taken to finish it 課題を完成するまでかかる時間
- 実験結果 (Table 3 参照)
 - 全てのデータは対数変換 log transformed、
 - 1 要因の分散分析 One-way ANOVA を行った

TABLE 3
Experiment 3: a table showing the effects of different locout times (7 s vs. 3.3 s) on: (a) the mean number of moves to solution: (b) the mean total time to solution

Number of moves			Total time (s)		
7 s	0 s	<i>p</i>	7 s	0 s	<i>p</i>
210	243	< 0.05	1901	1435	< 0.05

- Discussion
 - 実験結果は The cost-benefit モデルと一致する
 - ◇ high time コスト条件の被験者はより少ない動きで課題を完成しました
 - ◇ 解に到達までかかる時間：有意差ある
 - ストラテジーの違いによる
 - ◇ タスクの繰り返し特徴の故で、
 - より良い効率的なストラテジーが一度使われれば、もっと先へのプランニングが引き続き難いと推測できる
 - それより、ある時点以後、プランニングは高い遂行コストを補正できなくなつて、ただ解に到達までかかる時間を増やす

- ◇ high time コスト条件
 - 被験者は動きの数を減少する試みある
 - 大部分の被験者はある状態で、**letter by letter** から **list by list** のストラテジーに変わる
 - **Multiple paste** : 動きを 180 歩以内抑える
- ◇ Low time コスト条件
 - 大部分の被験者は **letter by letter** のストラテジーに固着
 - 動きは 260 歩に至るまで
 - だけど、**letter** を完成する順序が変わる
 - **Multiple paste** するストラテジーを発見する者いるけど、**high time** コスト条件の被験者より遅い

General Discussion

- Rational analysis
 - ◇ 便利なツール
 - HCI 研究するため
 - パフォーマンスに影響を与えるインターフェース、パラメーターの研究
 - ◇ 中心前提：タスクストラテジー選択する最適化原則
 - **Cost** と **benefits**
 - **Trade-off**
- 本研究の貢献
 - ◇ **Rational analysis** で問題空間の心理的表象 (**planning**) と物理的表象 (**acting**) の間での **Cost-benefit**、**trade-offs** を検証する
 - インターフェースに関わる遂行コスト (**implementation cost**)
 - 遂行コストのストラテジーに与える影響
- インターフェース、デザインに
 - ◇ 日常生活：より短いタスク完成までかかる時間の方
 - **Low-implementation**
 - ◇ 教育場面では：より効率的な解答を見つけて、学習することで
 - **High-implementation**
 - ◇ ネットワーク接続するシステムと言う環境で、遅延時間が普通
 - ◇ ユーザーの好みより決める