JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	癖の矯正を目的とした通知手法の提案
Author(s)	菊川，真理子
Citation	
Issue Date	2012-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/10488
Rights	
Description	Supervisor:金井秀明，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

癖の矯正を目的とした通知手法の提案

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識科学専攻

菊川 真理子

2012 年 3 月

Copyright © 2012 by Kikugawa Mariko

修 士 論 文

癖の矯正を目的とした通知手法の提案

指導教員 金井　秀明　准教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識科学専攻

1050011 菊川 真理子

審査委員：　金井　秀明　准教授 (主査)
西本　一志　教授
宮田　一乗　教授
林　幸雄　准教授

提出年月: 2012 年 2 月

Copyright © 2012 by Kikugawa Mariko

目 次

第 1 章　はじめに **1**
1.1　研究の背景と目的 1
1.2　論文の構成 6

第 2 章　関連研究 **7**
2.1　原因の提示による癖の通知手法 8
2.2　行動の誘発による行動の改善手法 9
2.3　賞与による癖の矯正手法 10
2.4　ゲーム的手法による行動の改善手法 10
2.5　教育を目的とした通知手法 11
2.6　複合的手法による行動の改善手法 12
2.7　まとめ 14

第 3 章　提案手法 1:癖の発生を通知する手法 **16**
3.1　はじめに 16
3.2　提案 16
3.3　実装 18
3.3.1　姿勢検知部 18
3.3.2　作業推定部 19
3.3.3　通知部 19
3.4　評価実験 25
3.4.1　実験概要 25
3.4.2　評価指標 26
3.5　結果 26
3.6　考察 28
3.7　まとめ 28

第 4 章　提案手法 2:長期的結果の提示 **30**
4.1　はじめに 30
4.2　提案 30
4.3　実装 32
4.3.1　システム構成 32

4.3.2 距離検出部 33
4.3.3 通知部 34
4.3.4 連動部 37
4.4 評価実験 39
4.4.1 システムのキャリブレーションシステム 39
4.4.2 妨害度 40
4.4.3 矯正度 48
4.5 結果 52
4.5.1 妨害度 52
4.5.2 矯正度 54
4.6 考察 57
4.6.1 妨害度 57
4.6.2 矯正度 58
4.7 まとめ 62

第 5 章 まとめ **64**
5.1 今後の課題 65
5.1.1 手法について 65
5.1.2 システムについて 66
5.1.3 評価について 66

第 6 章 謝辞 **67**

図 目 次

1.1 前屈姿勢の例 2
1.2 後傾姿勢の例 3
1.3 姿勢による骨盤への負担 4
1.4 VDT 作業によって眼に発生する症状 5

2.1 癖が発生する流れから見た関連研究の位置づけ 8
2.2 姿勢によって表示内容が拡大する ([8] より) 9
2.3 コーヒーメーカーによる休憩時間提示例 ([9] より) 9
2.4 VDT 機器の近くにデジタルフォトフレームを配置する ([10] より) 10
2.5 姿勢によって表情が変化する ([10] より) 10
2.6 ダイエットへのモチベーション調査結果 ([11] より) 11
2.7 曖昧な情報提示例 ([12] より) 12
2.8 ポスターによる行動指示例 ([13] より) 13
2.9 日焼け対策のフィードバック例 ([13] より) 14

3.1 予備実験用システム 18
3.2 Universal Access 21
3.3 Keyboard と Acceptance Delay 22
3.4 Trackpad 23
3.5 Tracking Speed 24
3.6 Seeing と Enhance contrast 25

4.1 システム概要図 32
4.2 Kinect とディスプレイとユーザの位置関係 33
4.3 平滑化の重み付け 35
4.4 ガウシアンフィルタの重み付け 36
4.5 システム実行イメージ 37
4.6 ぼかし半径ごとのぼやけ具合 39
4.7 閾値測定用システムの外観 40
4.8 タスク 1 で複写する文字列例 42
4.9 タスク 2 で探索する文字列例 43
4.10 タスク 3 で複写する文字列例 44

4.11 通知ウィンドウによる通知例 45
4.12 周辺ウィンドウによる通知例 46
4.13 文字情報提示による通知例 49
4.14 アンケート回答の流れ 51

表 目 次

2.1 関連研究の各手法とその効果 15

3.1 入出力デバイスごとの設定変更 17
3.2 入出力デバイスごとの設定変更 18
3.3 アプリケーションと入出力デバイスの組み合わせ 19
3.4 予備実験用アンケート 26
3.5 設問 1 に対する回答 (%) 27
3.6 設問 2 に対する回答 (%) 27
3.7 設問 3 に対する回答 (%) 27
3.8 設問 4 に対する回答 (複数回答有り)(%) 27
3.9 設問 5 に対する回答 (複数回答有り)(%) 28

4.1 開発環境 33
4.2 距離グループの設定 34
4.3 姿勢悪化度と距離グループの対応付け 38
4.4 各ぼかしの基準値と各姿勢悪化度時におけるぼかし半径 (pixel) 38
4.5 タスクが中断されたと判断する条件 47
4.6 長期的結果提示手法による妨害の有無の評価指標 48
4.7 文字情報提示提示もしくは長期的結果提示を受けてのアンケート 50
4.8 各通知手法時におけるタスクごとの作業中断回数 52
4.9 各通知方法におけるタスク 1 の正答率 53
4.10 各通知方法におけるタスク 2 の正答率 53
4.11 各通知方法におけるタスク 3 の正答率 53
4.12 各通知方法におけるタスク平均遂行時間 (秒) 54
4.13 実験結果の時間ごとの分割 55
4.14 文字情報提示提示による各距離グループ滞在秒数 (%) 55
4.15 長期的結果提示による各距離グループ滞在秒数 (%) 55
4.16 通知を認識していると判断する発言内容 55
4.17 提案手法でのぼやけ基準値の変化に対する認識した人数 (%) 56
4.18 文字情報提示手法におけるアンケート結果 56
4.19 提案手法におけるアンケート結果 56
4.20 各通知手法時における通知発生回数 57

4.21 通知手法 A と各通知手法のタスク遂行秒数比較結果 57
4.22 各通知手法の妨害効果 58
4.23 文字情報提示提示時における適切な姿勢である時間の割合 59
4.24 文字情報提示提示時における適切な姿勢の維持時間の推移 59
4.25 文字情報提示時において通知を認識した人数 59
4.26 長期的結果提示時における適切な姿勢の維持時間の推移 60
4.27 長期的結果提示時における適切な姿勢維持時間の推移 60
4.28 各通知手法ごとの効果 62

第1章　はじめに

1.1　研究の背景と目的

スポーツや VDT(Visual Display Terminal) 作業などのタスク遂行時において，人間は様々な癖を持っている．癖を矯正するのは難しく，一部の癖は矯正せずに放置しておくと人体に悪影響を及ぼすものもある．癖の多くは無意識のうちに現れるもので，本人が気づくのは難しい．そのため，癖の矯正には，第三者から，癖が現れたことを何らかの方法で指摘してもらうことが重要である．タスク遂行中のユーザに対し，癖の発生を通知することで，通知内容に応じてユーザが癖を矯正する効果が期待できる．一方，その通知によってタスクへの集中度が低下することがある．このようにタスク遂行中のユーザに対する通知が抱える課題は，ユーザに通知内容への対応を促す点と，タスクへの集中を維持させる点がある．

従来のタスク中における通知に関する研究では，これらの課題のうちどちらか一方のみを解決することを目的とした手法が提案されてきた [1][2]．しかし，どちらか一方のみの解決ではタスク遂行中に発生する癖の矯正は難しい．癖の矯正のみを達成した場合，癖が発生するたびにタスクを中断して通知に対応しなければならない．癖には頻繁に起きるものがあるため，その度に通知をした場合タスクが度々中断され，結果として，タスクへの集中が妨げられる．一方，タスクへの集中維持のみを達成した場合，癖が発生しても矯正せずにタスクを遂行してしまう．癖というものは本人の意識にかかわらず発生するものであり，発生するたびに強化されているものである．そのため，癖が発生したら即座に矯正しなければ癖は強化される傾向にある．

以上の理由により，タスク遂行中に発生する癖の矯正という目的を達成するためには，タスクへの集中を維持させる必要と，癖の発生と同時に通知を認識させて矯正を促す必要がある．

本論文を執筆するにあたり，VDT 作業時における姿勢の矯正を目的としたシステムを作成した．姿勢悪化により身体に様々な負担がかかる．例えば，上体が前に傾いた状態である前傾姿勢 (図 1.1) や，状態が後ろに傾いた状態である後傾姿勢 (図 1.2) では，上体が真っ直ぐでいる時よりも骨盤に負担がかかっている (図 1.3)[3]．骨盤に負担がかけ続けると，腰痛になってしまう．腰痛の症状は歩行中などの足の痛みやしびれであり，悪化すると歩行が困難になる [4]．

図 1.1: 前屈姿勢の例

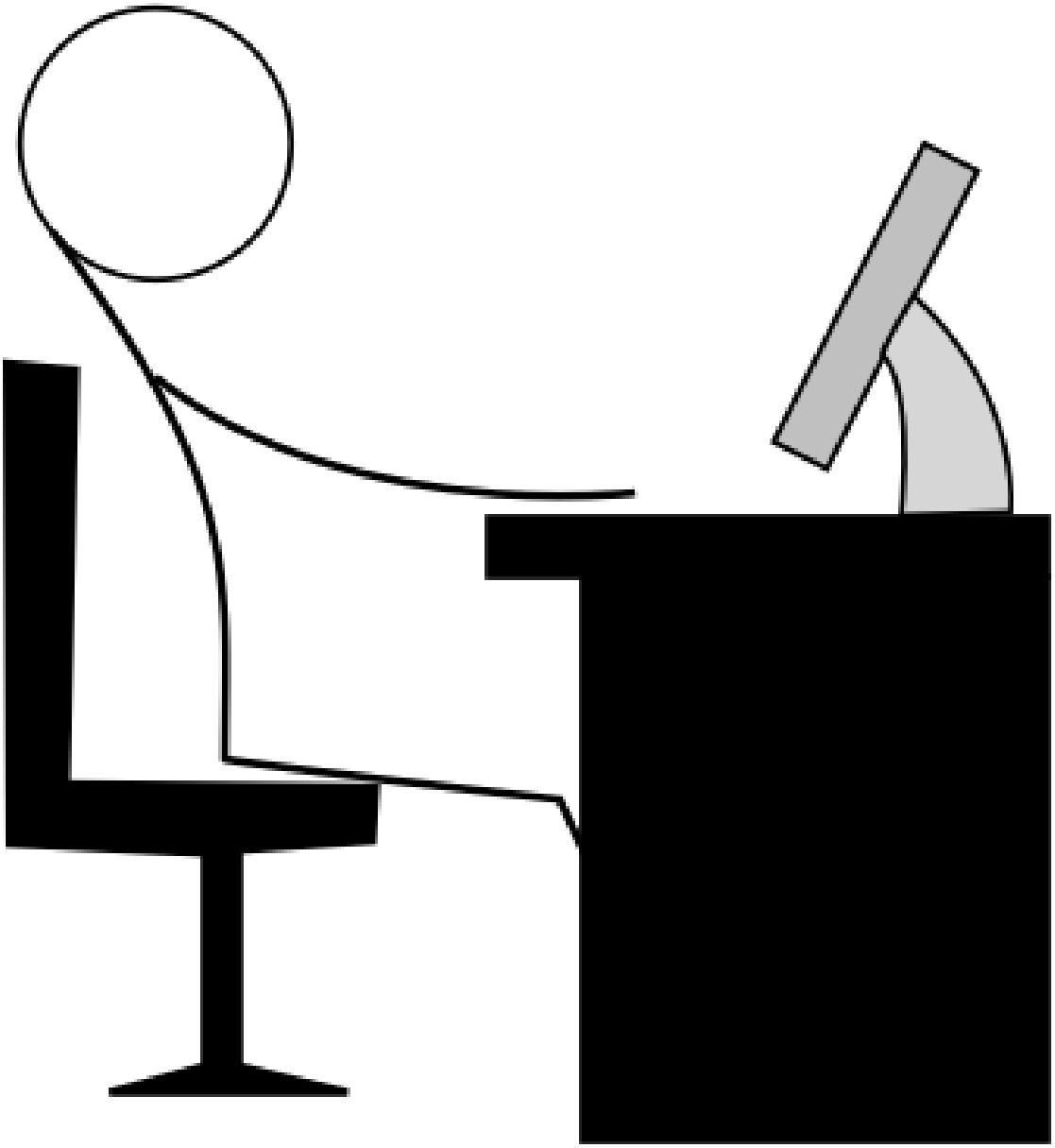

図 1.2: 後傾姿勢の例

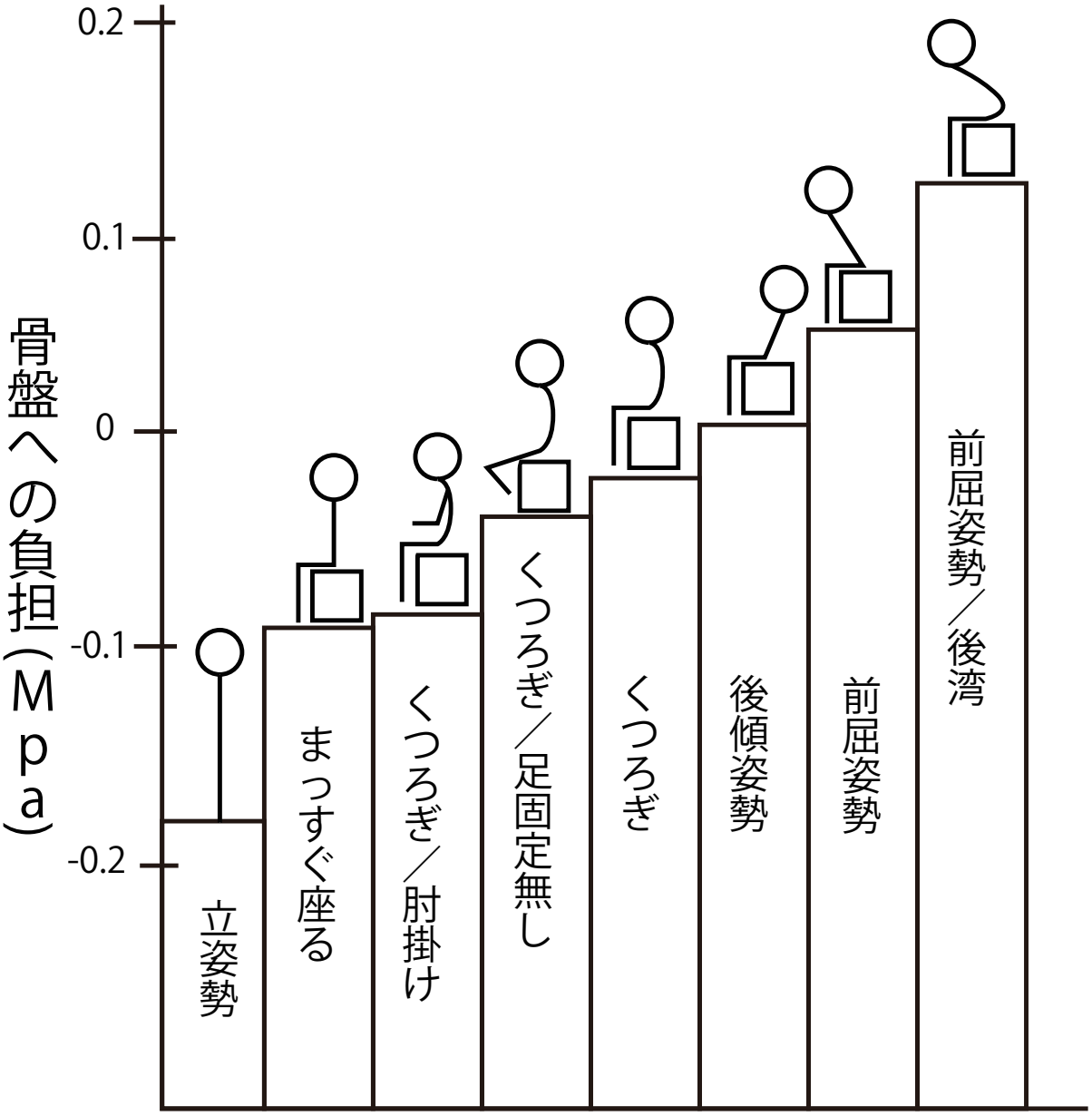

図 1.3: 姿勢による骨盤への負担

VDT 作業者が前屈姿勢になることで，作業者の眼とモニターの距離が近づき，眼精疲労が起こりやすくなる，眼精疲労により，眼の屈折異常，調節障害，ドライアイなどが発症する．調節障害による症状は，目がかすむ，焦点が合いにくくなる，目の奥が痛くなる，鼻根部の違和感などがある．ドライアイによる症状は目が乾く，目が痛くなる，目がゴロゴロする，目が赤くなるなどがある．両者に共通した症状は，目が疲れる，目が重くなる，光を見ると眩しくなる，目を開けているのがつらくなるなどがある (図 1.4)[5].

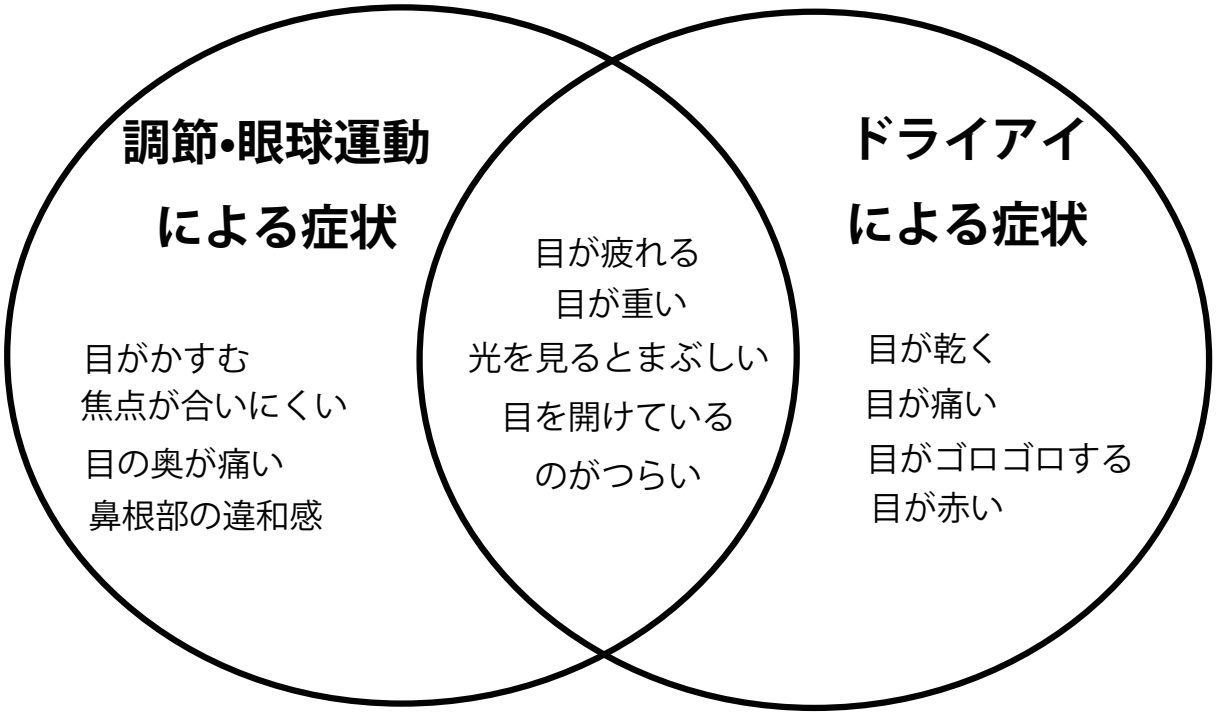

図 1.4: VDT 作業によって眼に発生する症状

前傾姿勢や後傾姿勢では，腰痛や眼精疲労が発生する．本論文では，そのような症状が発生しない，上体が真っ直ぐになった状態を「適切な姿勢」として扱う．姿勢は 10 分に一度の頻度で変化する [6]．姿勢が変化するたびに通知によって作業を中断されてしまったら，10 分に 1 度作業が中断されることにつながってしまう．そのため，作業を中断させずに通知を認識させる必要がある．姿勢矯正の重要性は説かれており，幼い頃に姿勢が悪いと注意を受けた者もいるだろう．注意された時は姿勢を直すが，時間の経過と共に姿勢を崩してしまうという者もいるのではないだろうか．姿勢とは無意識のうちに崩れるものである．自分で直そうと意識しても，その意識を作業中にずっと保つのは難しい．

姿勢の悪化を通知によって矯正するためには，通知が作業を遮らず，その上で確実に認識されるようなものである必要がある．以上の条件を満たす通知として，我々は 2 つの通知手法を提案する．一つはユーザが操作時に受ける感覚を変更するという手法である．癖が発生したことを伝えることに重点を置いている．もう一つは，本来数年後に実感できる癖の影響を癖の発生時に擬似体験させるという手法である．通常なら即座には実感できない長期的な結果を意識させることを重視している．このような提案手法によって，癖を矯正するにはどのような手法が適しているのかを明らかにする．

1.2 論文の構成

本論文の構成を述べる．第 1 章では背景と課題及び本論文の目的について述べた．第 2 章では現在までに行われた人間の行動を矯正する手法について述べる．第 3 章では，提案手法の一つである「癖の発生を通知する手法」の詳細，その実装システムおよびシステム評価について述べる．第 4 章では,「長期的結果の提示」手法の詳細と，その実装システムおよびシステム評価について述べる．第 5 章では本論文の結論を述べる．

第2章　関連研究

現在まで様々な癖の矯正手法，悪習慣の改善手法が提案されている．癖が発生した時の流れは「癖の原因が発生する」,「癖が発生する」,「癖の短期的結果が現れる」,「癖の長期的結果が現れる」という 4 つのステップからなる．VDT 作業時に 4 つのステップを経て姿勢が悪化する例を以下に示す.

Step-1 癖の原因が発生する (例：ディスプレイの表示内容が小さい)

Step-2 癖が発生する (例：よく見るためにディスプレイに近づく)

Step-3-a 癖の短期的結果が現れる (例：ディスプレイが見やすくなる)

Step-4-a 癖の長期的結果が現れる (例：視力が低下する)

人間は行動を行う時に，行動後 30 秒以内に現れる結果のみを意識するという [7]．つまり，癖を矯正しない場合，人間は癖が発生した 30 秒以内に現れる短期的結果 (Step-3-a) を意識していると言える．癖を矯正した場合，上記の流れから Step-3-a と Step-4-a の部分が変化する．以下に，癖を矯正した場合の 4 つのステップを示す.

Step-1 癖の原因が発生する (例：ディスプレイの表示内容が小さい)

Step-2 癖が発生する (例：よく見るためにディスプレイに近づく)

Step-3-b 癖を打ち消す行動をおこす (例：ディスプレイから離れる)

Step-4-b 癖が無い状態に戻る (例：正しい姿勢である)

従来の研究では通知については「Step-2 癖の発生時」に行われる．流れのどの部分を意識して通知するかは手法によって異なる．提案された通知手法は，以下の箇所と関連付けられる (図 2.1).

Step-1 癖の原因発生を取り除き，癖の発生を抑える手法 [8](説明は 2.1 で述べる)

Step-3-b 癖を矯正するような行動を連想するような情報を提示する手法 [9](説明は 2.2 で述べる)

Step-4-b 癖が矯正されたらその人にとって嬉しいことが起こるようにする手法 [10](説明は 2.3 で述べる)

Step-4-b ゲームのように，どのくらい癖が矯正されたかを自己の目標や他人と競わせる [11](説明は 2.4 で述べる)

Step-4-b 通知の意味を推測させ，通知が無くても癖がでない状態になるよう教育する [12](説明は 2.5 で述べる)

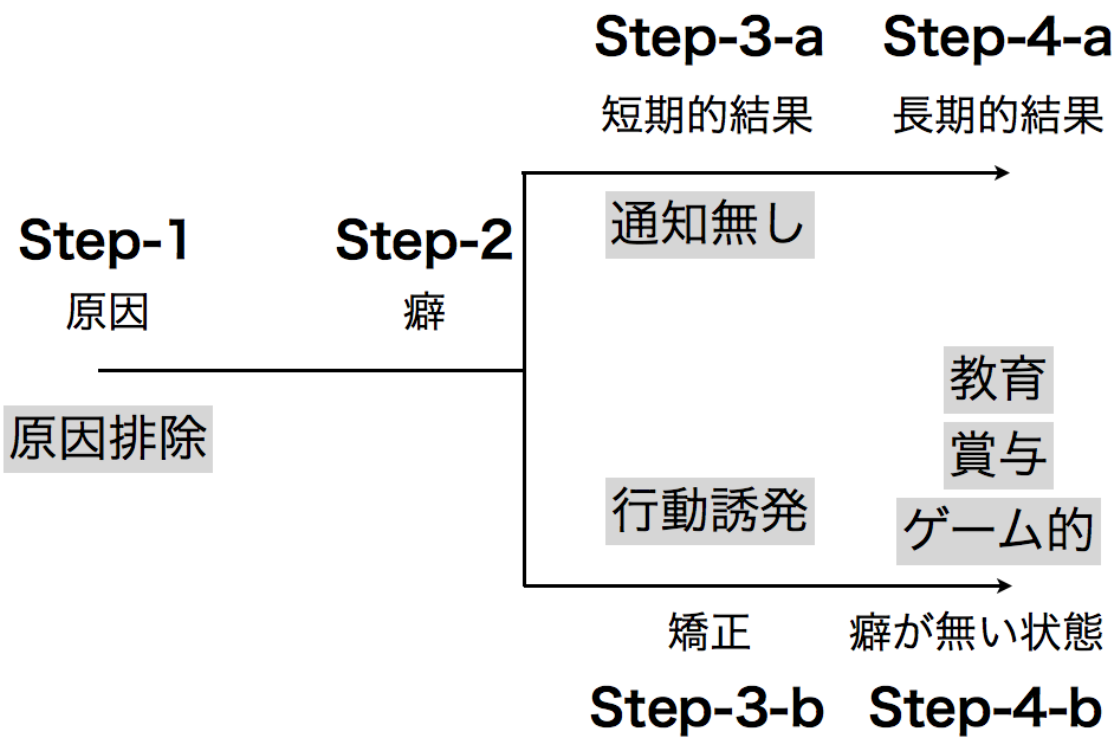

図 2.1: 癖が発生する流れから見た関連研究の位置づけ

Lombard らは，図 2.1 に記述した全てのステップに関係する矯正手法を複合的に用いることで人間の行動を矯正することを試みた (説明は 2.6 で述べる)[13]．各手法について詳細を述べる．

2.1 原因の提示による癖の通知手法

Harrison らは，VDT 作業者の姿勢悪化時にディスプレイの表示内容を拡大するシステムを作成した．彼等は姿勢悪化の原因はディスプレイの表示内容が小さいからであると捉えた．そして，ディスプレイの表示内容を拡大すれば姿勢が悪くなる原因が無くなり，姿

勢が矯正されるのではないかと考えた．ユーザの上体が前に傾くほどディスプレイの表示内容が拡大されるシステムを作成した．システムの使用シーンを図 2.2 に示す．ユーザが姿勢を崩した時はディスプレイの表示内容が拡大される (図 2.2 右)．ユーザが姿勢を矯正する時にディスプレイの表示内容も元に戻る (図 2.2 左)．この研究では癖が発生する原因に着目して矯正を試みている．

図 2.2: 姿勢によって表示内容が拡大する ([8] より)

2.2 行動の誘発による行動の改善手法

東川らは，ユーザが行うべき行動を連想するような通知を与えることで，ユーザの行動の改善をするシステムを作成した [9]．VDT 作業者に休憩時間をとらせるため，適切な休憩時間の検出と通知を行う．強制的に休憩させられたという印象を持たせないために，自然と休憩をとりたくなるような通知を与える．VDT 作業者が休憩時にとる「コーヒーを飲む」という行為に着目し，休憩をとるべきタイミングにコーヒーを沸かし，コーヒーの香りを提示する (図 2.3)．VDT 作業者にコーヒーの存在を意識させることで，コーヒーを飲みたい，休憩をとりたいという風に意識を向けさせている．この研究では癖を矯正する時の行為に着目して矯正を試みている．

図 2.3: コーヒーメーカーによる休憩時間提示例 ([9] より)

2.3 賞与による癖の矯正手法

Christoph らは，ユーザの姿勢によって写真立て内にいる人物の表情が変化するシステムを作成した [10]．彼等は大切な人の笑顔がモチベーションを向上させるという調査結果を元に，癖を矯正したらユーザが大切にしている人の笑顔が写った写真を，癖が発生したら大切な人が怒っている写真を表示するシステムを作成した．システムの使用シーンを図 2.4 に示す．写真立てはのように作業をしているユーザの横に配置される (図 2.4 右)．写真立てにはユーザの大切な人の写真が表示されている (図 2.4 左)．ユーザの姿勢が正しい時は図 2.5 左のように笑顔の写真が表示される．ユーザが姿勢を崩した時は図 2.5 右のように怒り顔の写真が表示される．彼等は癖の矯正を大切な人の笑顔という賞与を与えることで試みた．

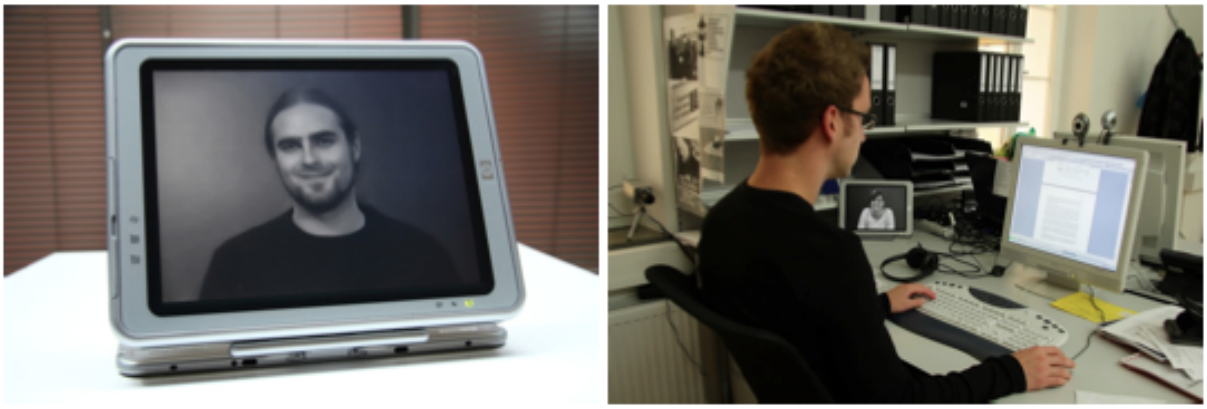

図 2.4: VDT 機器の近くにデジタルフォトフレームを配置する ([10] より)

図 2.5: 姿勢によって表情が変化する ([10] より)

2.4 ゲーム的手法による行動の改善手法

Magy らは，他人との競争や自分のゴール設定といったゲーム的手法によって生活習慣を改善するシステムを作成した [11]．ゲームで用いられるような他ユーザとの競争や，ゴールへの到達といった出来事にモチベーションを向上させる効果があることに着目した．体重の減量を目的とした女性を対象に，食生活や運動量を記録し，ユーザ同士や自分の目標と比較できるシステムを作成した．システム作成と併せて，女性たちがどのようなモ

チベーションでダイエットに望んでいるのかを調査した．ダイエットの動機は体重管理 (Weight Management) が最も多く (図 2.6A)，容姿の向上 (Appearance) が 2 番目に多かった (図 2.6B)．他者との競争 (Competition) を目的とした女性は少ないという結果が出た (図 2.6C)．自己の目標への達成をモチベーションにする女性と，他者との競争をモチベーションにする女性の 2 種類に分類された．他者との競争をモチベーションにしている女性は，見知らぬ相手と競争するよりも，知人と競争するほうがモチベーションが上がるという結果が出た．この研究ではどの程度癖が矯正できたかを競わせることで矯正を試みている．

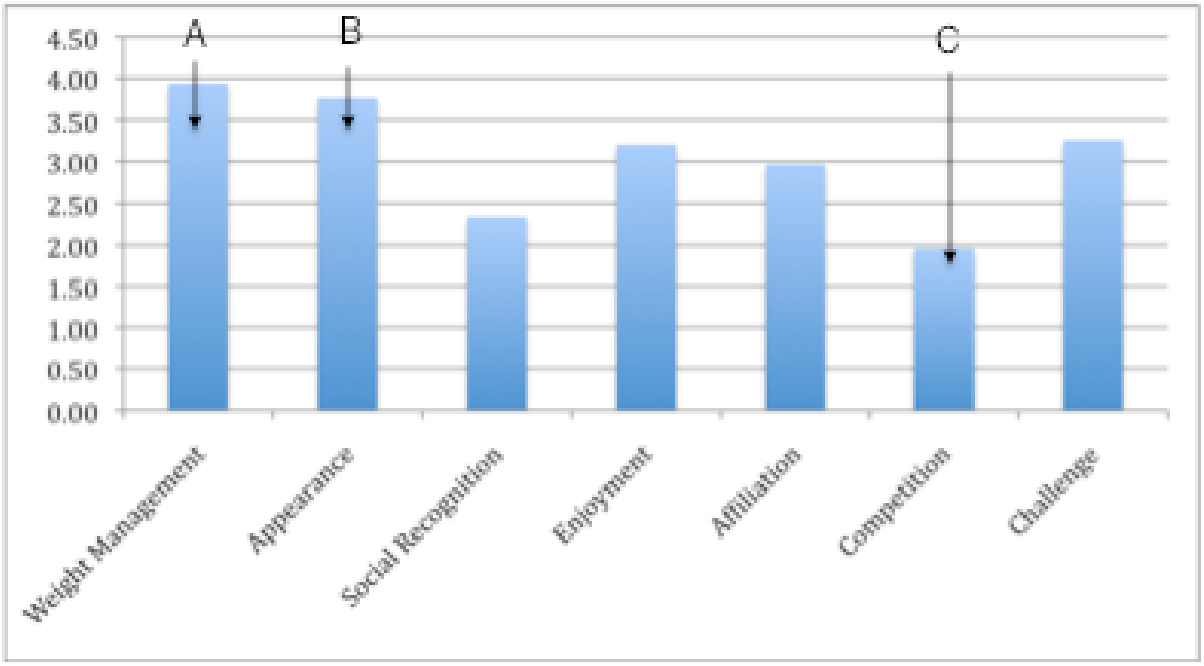

図 2.6: ダイエットへのモチベーション調査結果 ([11] より)

2.5 教育を目的とした通知手法

タスク従事者に対し，タスクへの集中を維持させたまま振舞を矯正させることを目的とした研究では，危険情報の提示による化学実験従事者の安全技術向上支援システムがある [12]．この研究では化学実験の作業者を対象に，実験中に危険なミスをしそうになった際に通知する．全面的に通知システムを頼ると，作業者の安全技能が成長しない．通知に曖昧さをもたせることで，作業者に通知の意味を考えさせる．

- 通知を提示する位置に曖昧さを持たせた場合
- 通知を提示するタイミングに曖昧さを持たせた場合
- 通知の意味に曖昧さを持たせた場合

の 3 つを組み合わせて評価する．通知を提示する位置に曖昧さを持たせた場合は，どの器具の扱いに危険があるのかを推察させる．通知を提示するタイミングに曖昧さを持たせた場合は，どの手順に危険があるのかを推察させる．通知の意味に曖昧さを持たせた場合は，提示する情報のなかに文字情報などといった明確な情報を持たせず，通知がどのような意味をもっているのかを推察させる (図 2.7)．この研究では通知が無い状態でも癖が矯正された状態を維持することを目的としている．

図 2.7: 曖昧な情報提示例 ([12] より)

2.6 複合的手法による行動の改善手法

Lombard らは，賞与の贈呈やフィードバックの提示など様々な手法を複合的に用いて行動改善を試みた [13]．プールサイドの利用者に日焼け対策を行わせるために，5 つの改善策を用いた．一つは図 2.8 のように帽子をかぶった人 (図 2.8A) や日陰にいる人 (図 2.8B) など日陰対策をしている人を描いたポスターを提示するという手法である．行動を指示することで利用者の行動を改善する．一つは皮膚癌のリスクを記述したフライヤーを配布するという手法である．行動がもたらすリスクを提示することで利用者の行動を改善する．一つは日焼け対策を行なっていた人数と目標人数を提示するという手法である．提示するレポートの左には上から「日焼け対策をした大人利用者の割合」,「日焼け対策をした子供利用者の割合」,「日焼け対策をした大人利用者の割合の目標値」,「日焼け対策をした子供利用者の割合の目標値」が記入されている (図 2.9A)．右には「日焼け対策をした大人利用者の割合」と「日焼け対策をした子供利用者の割合」,「日焼け対策をした全体の利用者の割合」がグラフによって記入されている (図 2.9B)．利用者の現状を伝えることで行動を改善する．一つは日焼け対策をした模範となる人を用意するという手法である．利用者が行うべき行動を具体例を用いて提示することで行動を改善する．一つは日焼け対策を

行った年少の利用者にＴシャツを贈呈するという手法である．賞与を贈呈することで利用者の行動を改善する．

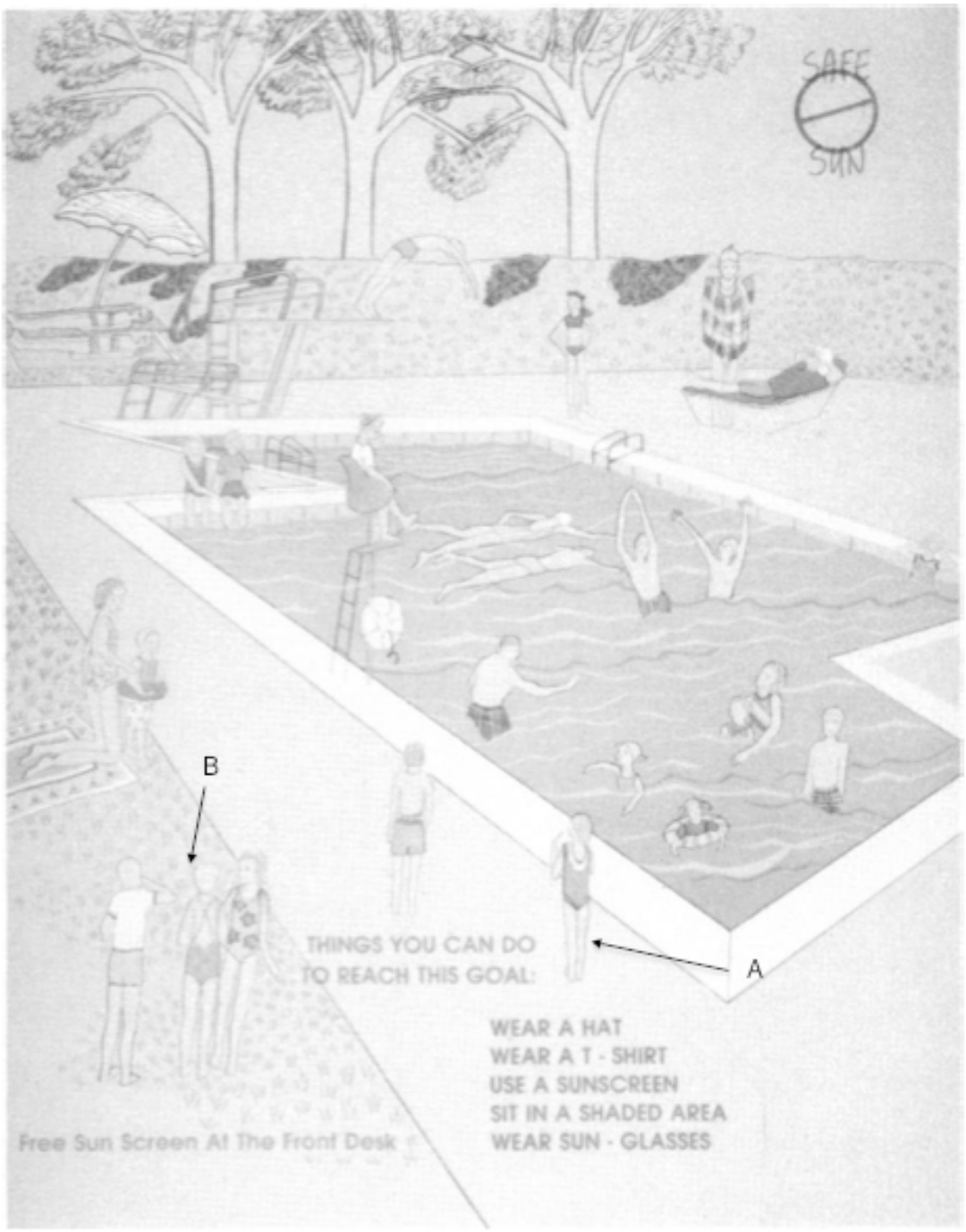

図 2.8: ポスターによる行動指示例 ([13] より)

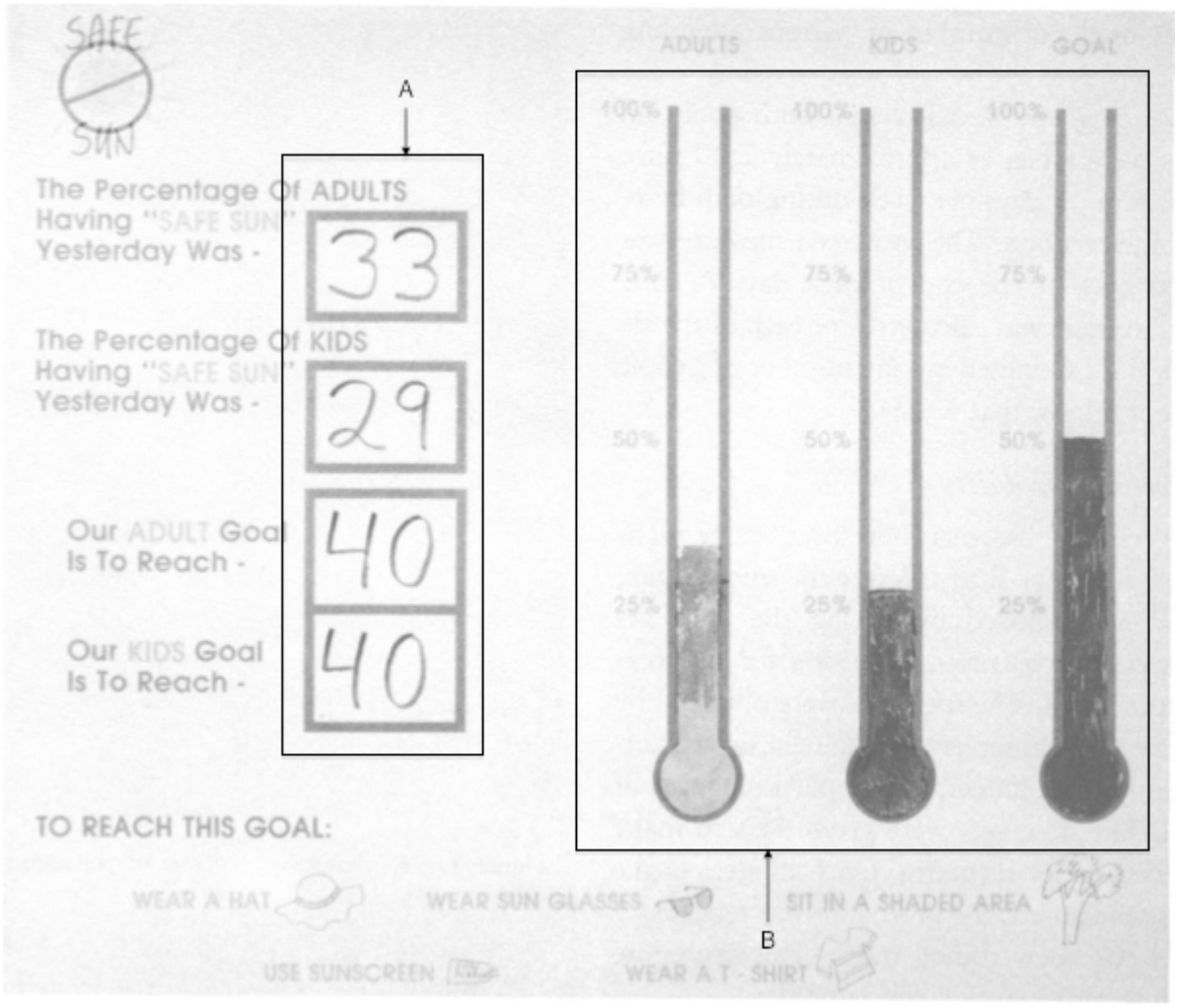

図 2.9: 日焼け対策のフィードバック例 ([13] より)

2.7 まとめ

このように人間の癖を矯正したり，行動を改めさせるために様々な通知手法が提案されている．それぞれの手法に弱みと強みがあり，適した場面が異なる．各手法間で比較を行い，手法毎の適性を明らかにすることで，より確実に癖の矯正が行われるであろう．しかし，本稿では各手法間で比較を行う前に，図 2.1 内では「2 癖が発生する」及び「4-a 癖の長期的結果が現れる」において手法が提案されていない点について以下に説明する．

癖を通知する最終的な目的は癖を矯正することであり，結果として癖を矯正した状態を意識した手法が多く見られる．例として，どのくらい癖を矯正しているかを競わせる手法などが挙げられる．一方で，単純に癖が発生したことを知らせることを目的とした手法は

少ない．姿勢悪化という癖を取り上げたものでは，姿勢が崩れたら点滅するライト[1]が販売されている．しかし，ディスプレイの上部でライトが点滅するのみでユーザが注意を向け，姿勢を矯正するかといったことには言及されていない．癖を矯正するためには，癖を体が覚えてしまわないうちに，癖が出たら即座に矯正する必要がある．この製品には癖を知らせる機能はあるが，通知を認識させる効果があるかは検証されておらず，癖の矯正が可能であるかは不明である．単純に癖が発生したことを知らせる際にも以下の 2 つを満たさなければならない．

- 癖を矯正する際に作業を中断させて，作業へのモチベーションを低下させないこと
- 癖が発生した際に即座に通知を認識させて確実に癖を矯正させること

本稿では，癖の発生を知らせることをメインとした手法を提案し，提案した手法が上記の 2 条件を満たしているかを検討する．

癖を直さなかった場合の，癖の悪影響が現れてしまった状態を人間に意識させる手法が無い．これまでに紹介した各手法には表 2.1 のような効果がある．

表 2.1: 関連研究の各手法とその効果

手法	効果
原因の排除	癖の発生が根本的に抑えられる
癖を強制するような行動を誘発	自然に癖を矯正できる
癖を矯正したら賞与を与える	癖を矯正するモチベーションが上がる
癖の矯正を他人と競わせる	癖を矯正する用いているが上がる
癖の通知内容に曖昧さをもたせる	通知無しでも癖を矯正できるようになる

しかし，これらの手法では，癖を何故直さなければならないのかを意識し難い．癖の悪影響を自覚し，望まぬ結果を回避したいという思いは，癖を矯正するモチベーションになるのではないかと考える．Lombard らは皮膚癌のリスクを教えてプール利用者が日焼け対策を行うかという調査を行っており，悪習慣が長期を経てもたらす結果を提示することで悪習慣を矯正できるかを検証している．しかし，この調査は賞与の贈呈などといった他の手段と並行して行われており，長期的結果を提示したことが矯正に繋がったのかは明らかになっていない．本研究では姿勢悪化がもたらす長期的な悪影響を提示することで，癖が矯正されるかを検証する．

本論文では，癖の発生を知らせる手法と，癖がもたらす長期的な影響を提示することによる通知手法の 2 手法を提案する．それらの手法についてそれぞれ第 3 章と第 4 章に述べる．

[1]サンコー株式会社，サンコーレアモノショップ【VISOMATE　USB 姿勢矯正アラーム】,http:www.thanko.jpproductusbbodycarevisomate.html#introduction,2010.

第3章　提案手法1:癖の発生を通知する手法

3.1　はじめに

癖を矯正する手段は数多く提案されており，癖の原因を排除する手法や矯正行為を自然に行わせる手法などでは通知が作業を中断しないように，その上で確実に癖を矯正できるように工夫がされている．一方で，癖の発生をユーザに伝えるという機能のみを持つ手法では，単純さ故に作業を妨害しないことと通知を確実に認識させるという条件を満たすよう工夫がされているものは見られない．本章ではユーザに作業を中断させず，その上で通知を確実に認識させる手法として，ユーザが行動中に覚える感覚に変化を与える手法を提案する．ユーザの姿勢が変化したら VDT 機器の入出力デバイスの設定を変更するシステムを開発した．

3.2　提案

作業者が VDT 機器を用いて作業をしている間に姿勢が悪化したら，姿勢が悪化したことを通知する． 姿勢変化を通知する手段として，例えば以下のような手法が考えられる．

- 姿勢変化を知らせるウィンドウを最前面に表示し，強制的に気づかせる．
- 姿勢変化を知らせるポップアップウィンドウを表示し，作業に影響を与えずに通知する．

前者のシステムを用いた場合，姿勢が変化するたびにウィンドウが最前面に出現するため，ウィンドウを消去するために作業の手を止める必要がある．姿勢は 10 分に一度の頻度で変化するため [6]，姿勢が変化するたびに通知によって作業を中断すると作業能率が下がってしまうと考えられる．後者のシステムを用いた場合，メッセージの表示も消去も自動的に画面の端で行われるため，作業者が従事している作業とは関係の無い箇所で通知が発生する．作業に集中している場合，集中している対象以外に変化が発生しても気づきにくい [14]．そのため，作業者が通知に気づかないまま姿勢が矯正されず，悪い姿勢を体が覚えてしまう．

このように，VDT 作業時に発生する姿勢悪化という問題は，単純に姿勢が変化した時にメッセージを表示するだけでは解決しない．本研究では以下の 2 つの条件を満たす必要があると考える．

- 通知が発生する際に作業を中断させないこと
- たとえ作業に集中している状態でも通知を認識させ，確実に姿勢を矯正させること

作業への非干渉性と認識の確実性を兼ねた通知として，ユーザが VDT 機器を操作している時に覚える感覚を変化させるという通知を用いた．作業に集中している状態でも，マウスカーソルが動く速度が遅くなった気がする，音質が変化したような気がするといった違和感を覚えると考えられる．そして，その違和感の原因は姿勢変化によるものであると予め伝えておくことで違和感から姿勢変化を認識可能にする．入出力デバイスの設定は姿勢の変化によって変更される．設定を戻すために特定のボタンを押すといった操作を必要としない．VDT 作業時の作業者の行動と，姿勢を矯正する時の作業者の行動は表 3.1 のようにまとめられる．

表 3.1: 入出力デバイスごとの設定変更

VDT 作業	主に手と目と耳を用いる
姿勢矯正	主に腰と背中と足を用いる

2 つの行為を行う際に用いる体の部位は重複しておらず，2 つの行為を同時に行うことは可能である．そのために，作業をしながら入出力デバイスの設定を操作するために姿勢を変更するといった動作が可能である．以上の理由から，ユーザが VDT 機器操作時に覚える感覚を変化させることによる通知はユーザの作業を中断させず，ユーザに認識させることが可能であると言える．

各入出力デバイスの設定を変更することで操作している感覚を変更するが，ユーザが行なっている操作によってどの入出力デバイスの設定を変更すべきかが異なる．今回の調査では VDT 機器で行われる作業を以下の 4 つに分類した．

- キーボードを用いて入力する作業 (例：タイピングなど)
- ポインティングデバイスを用いて入力する作業 (例：製図など)
- スピーカーからの出力を利用する作業 (例：作曲など)
- ディスプレイからの出力を利用する作業 (例：書類閲覧など)

各作業に対し，システムは表 3.2 のようにして姿勢悪化の状況をユーザに通知する．

表 3.2: 入出力デバイスごとの設定変更

対象入出力デバイス	設定の変更
キーボード	キー入力の反応速度を調整する
ポインティングデバイス	カーソルスピードを調整する
スピーカー	イコライザを調整する
ディスプレイ	コントラストを調整する

3.3 実装

ユーザの姿勢変化を検知したら通知するシステムを作成した．システムは通知の際にその時ユーザが行なっている作業を判別し，作業に合わせた通知を行う．通知はユーザがその時に使用している入出力デバイスの設定を変更することで行われる (図 3.1)．システムは大きく分けて「姿勢検知部」と「作業推定部」と「通知部」の 3 つで構成される．

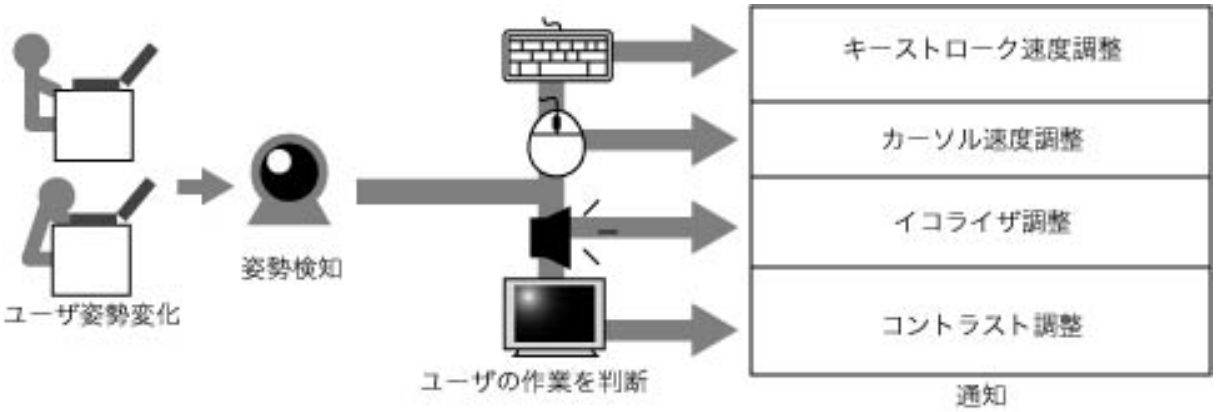

図 3.1: 予備実験用システム

3.3.1 姿勢検知部

目を近づけて作業をすることで視力が低下することが報告されている [15]．今回の実験ではディスプレイと顔の接近による視力低下を防ぐことを試みる．ディスプレイと被験者の顔が離れた状態を姿勢がいい状態とし，被験者の顔がディスプレイに近づいてしまったら姿勢が悪化したと判断する．今回の実験では被験者の PC でシステムを起動する必要があるため，ディスプレイと顔間の距離を測定する際に入手が困難なデバイスや，特殊なデバイスの使用は避けた．昨今，PC のディスプレイには Web カメラが搭載されているものもあり，搭載されていない場合でも安価で入手可能である．そのため，Web カメラからの入力を利用した画像認識システムは一般的な PC でも動作するのではないかと考えられる．画像認識の技術を用いれば人の顔の位置やその大きさを認識することも可能である．

ディスプレイに付属しているWebカメラから見た場合，ディスプレイに近いものの方が大きく映る．ユーザが途中で変更したなどの特別な条件が無い限り，ディスプレイ付属のWebカメラが認識する顔の大きさの変化は，ディスプレイと顔間の距離変化であると言える．今回の実験では，ディスプレイと被験者間の距離変化を検知するために，ディスプレイ付属のWebカメラに映る顔の大きさの変化を測定する．

3.3.2 作業推定部

例えば，レポート作成ソフトを使用している場合，レポート中の図を直接書いている可能性もあるが，高確率で文書をタイピングしていると考えられる．このような例を参考に，アクティブになっているアプリケーションからその時にどのような作業を行なっているか，どの入出力デバイスを用いて作業をしているかを推定する．MacOS用のスクリプト言語であるAppleScriptでアクティブになっているアプリケーションを取得する．本研究では提案システムの利用シーンとしてレポート作成，資料作成，文献調査時を対象とした．このような作業で使用するアプリケーションがアクティブである場合，表3.3の組み合わせで入出力デバイスを用いていると推定する．

表 3.3: アプリケーションと入出力デバイスの組み合わせ

アプリケーション	入出力デバイス
レポート作成ソフト・テキストエディタ (Pages,Word,TexShop,TextEditor)	キーボード
スライド作成ソフト (Keynote, Power Point)	ポインティングデバイス
音楽鑑賞ソフト (iTunes)	スピーカー
資料閲覧ソフト・Webブラウザー (Preview, Safari, FireFox, GoogleChrome 等)	ディスプレイ

3.3.3 通知部

AppleScriptで入出力デバイスの設定を変更する．AppleScriptはアプリケーションが持つ入出力デバイスにアクセスし，自動操作することを可能にしている．以下に各入出力デバイスの設定変更方法を記述する．

- キーボードの設定変更

  System Preferencesアプリケーションにアクセスし，Universal Accessという項目を選択する (図3.2)．Keyboardというタブを選択し， Acceptance Delay と書かれたスライドバーの値を20%減少させる (図3.3)．

- ポインティングデバイスの設定変更

  System Preferences アプリケーションにアクセスし，Trackpad という項目を選択する (図 3.4)．Tracking Speed と書かれたスライドバーの値を 1 減少させる (図 3.5)．Tracking Speed の最大値は 7 であり，最大値の 15%を減少させている．

- スピーカーの設定変更

  iTunes アプリケーションにアクセスする．AppleScript には入出力デバイスにアクセスせずとも直接イコライザの値を設定できるコマンドが用意されている．そのコマンドを用いて，半分のバンドの音量を上げ，半分のバンドの音量を下げる．

- ディスプレイの設定変更

  System Preferences アプリケーションにアクセスし，Universal Access という項目を選択する (図 3.2)．Seeing というタブを選択し，Enhance contrast と書かれたスライドバーの値を 10%上昇させる (図 3.6)．

図 3.2: Universal Access

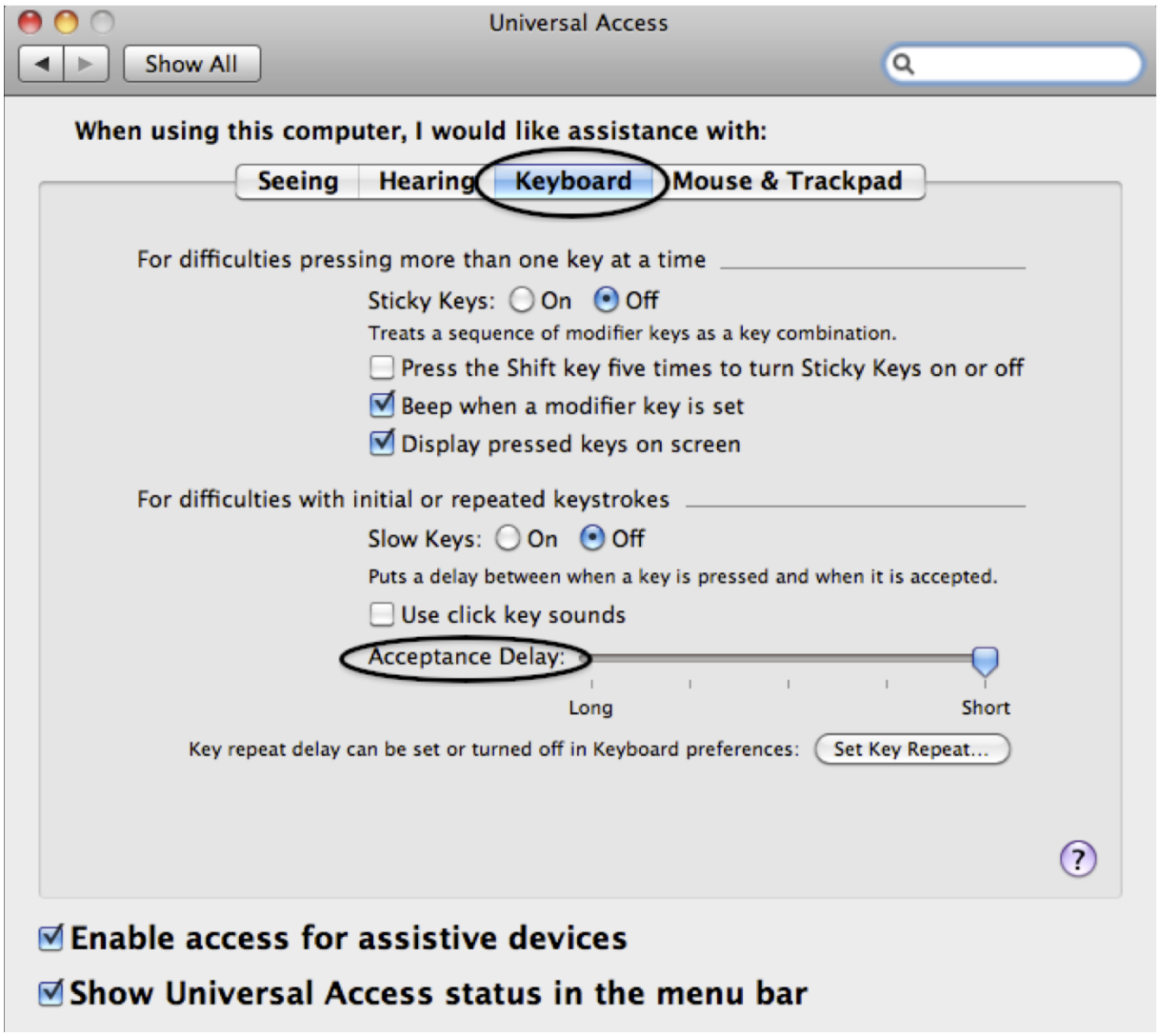

図 3.3: Keyboard と Acceptance Delay

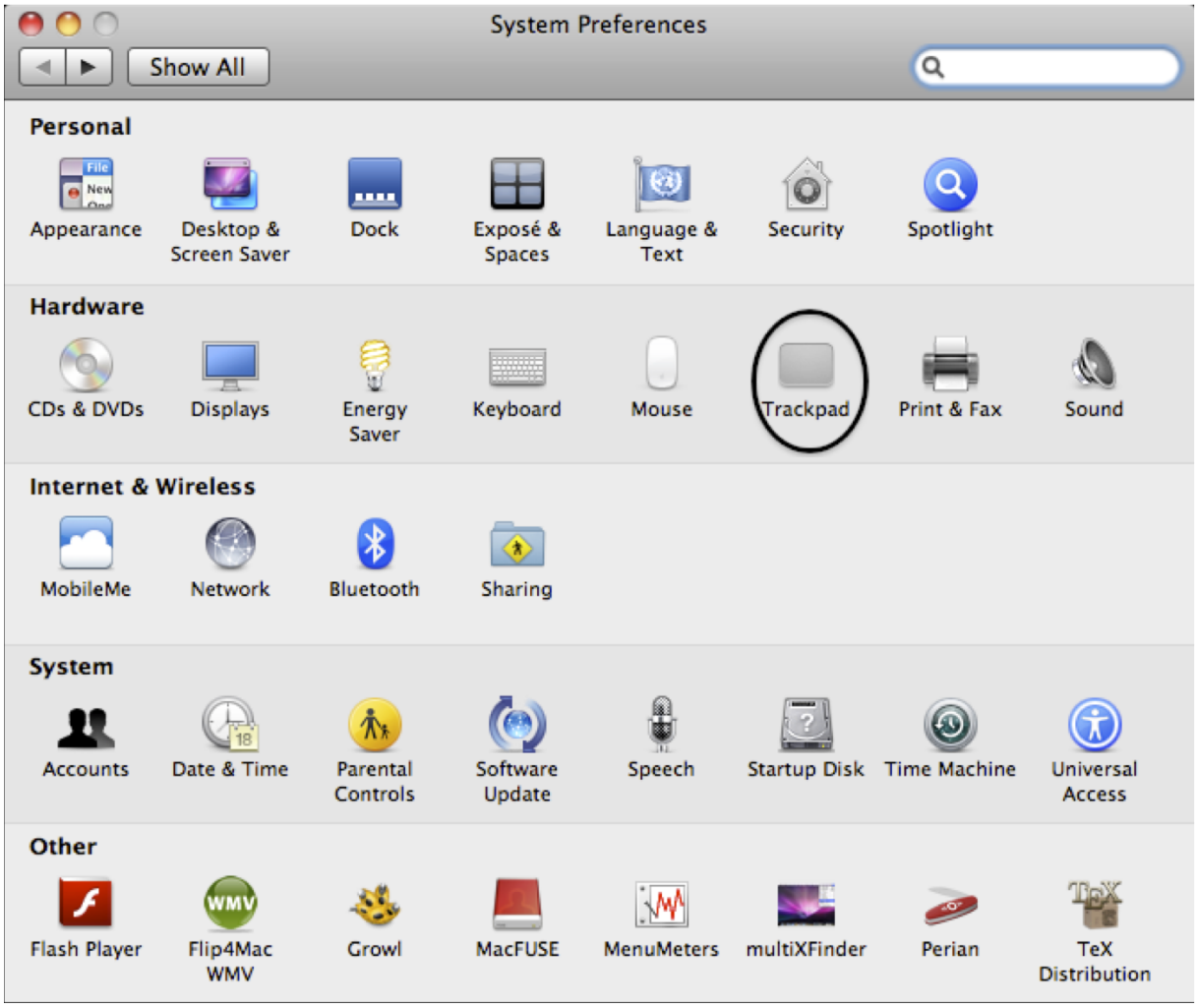

図 3.4: Trackpad

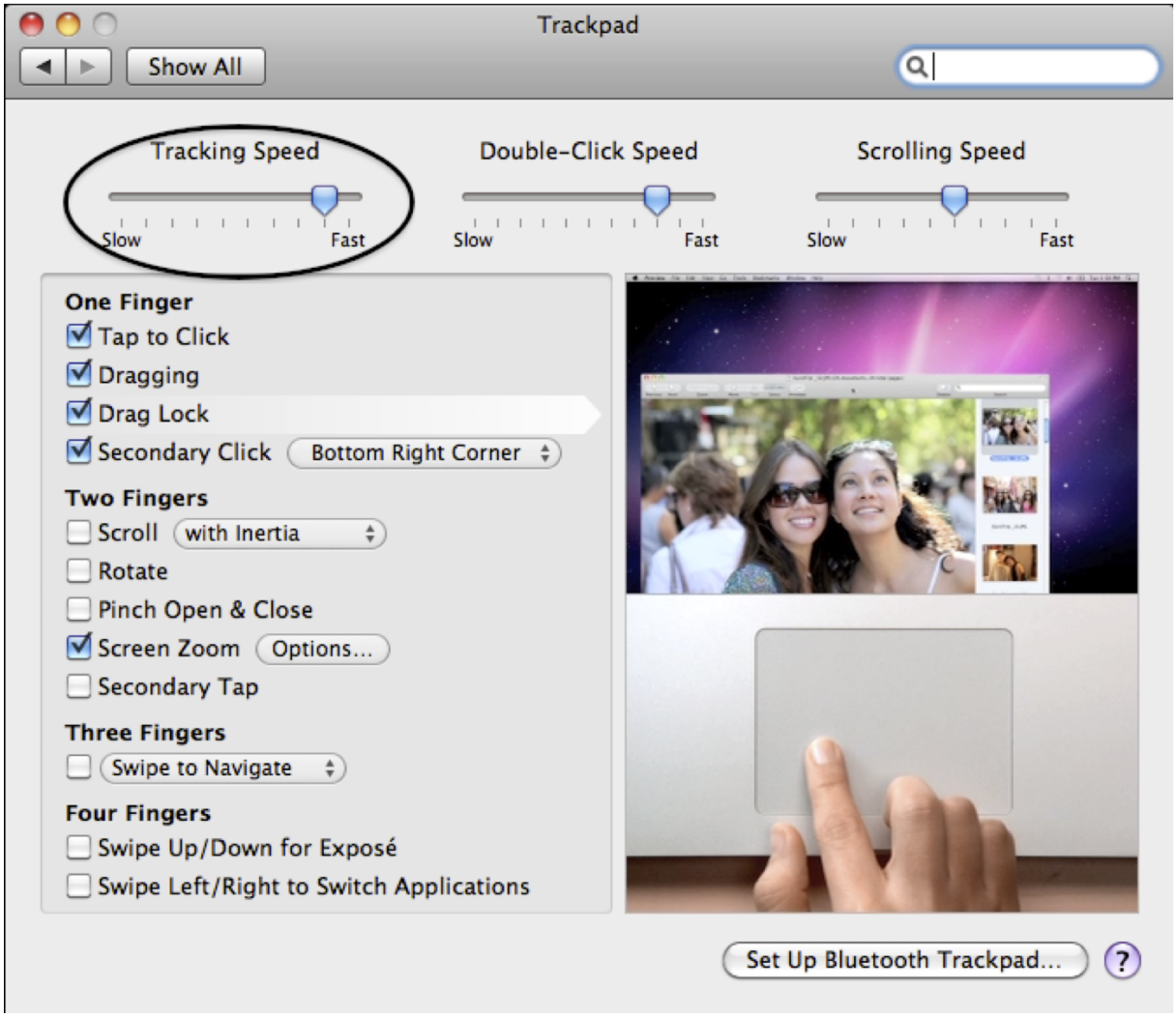

図 3.5: Tracking Speed

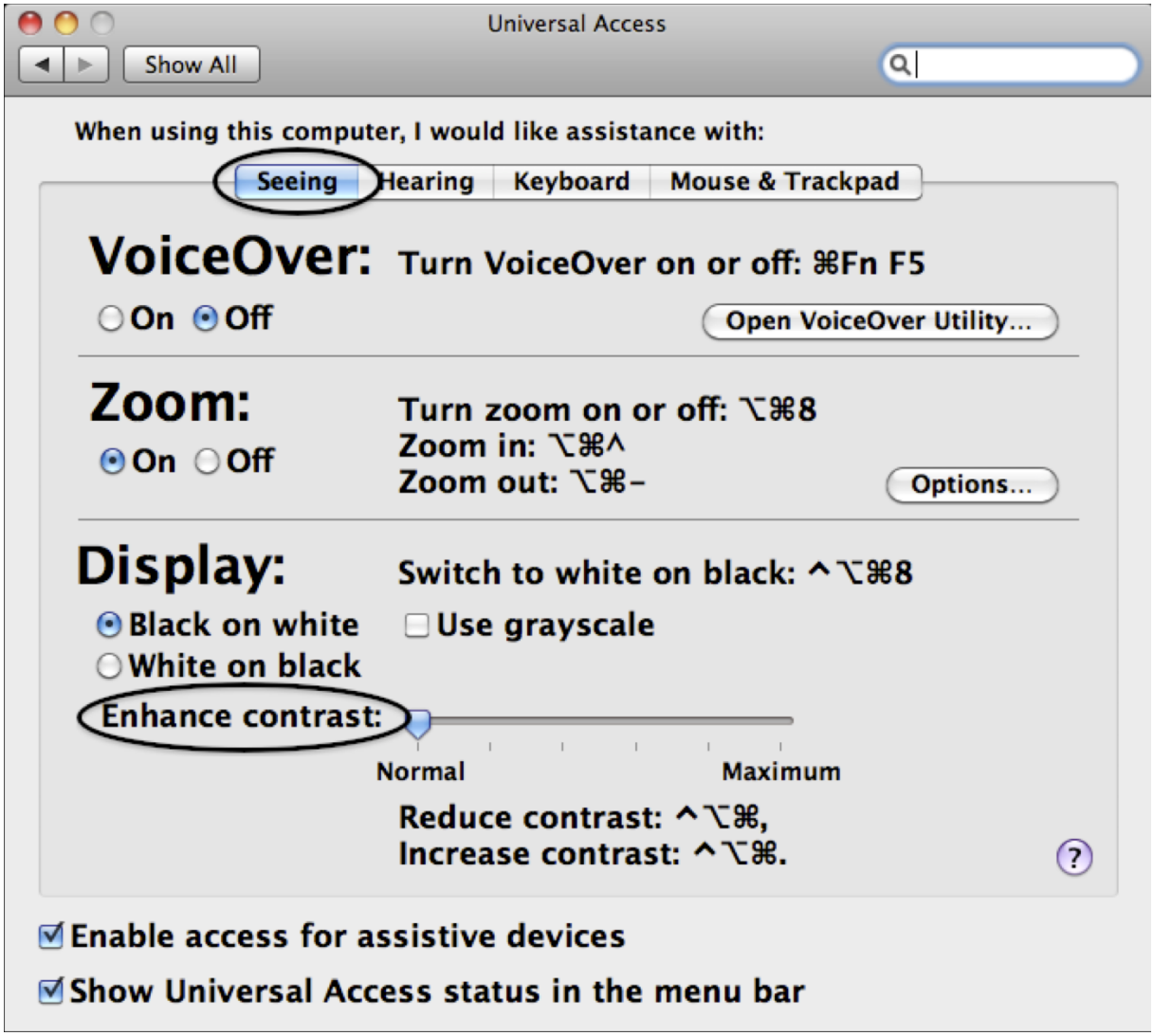

図 3.6: Seeing と Enhance contrast

3.4 評価実験

3.4.1 実験概要

癖が発生した時に通知を与えることでどのような印象が得られるかを予備実験によって調査した．姿勢を通知するシステムを被験者が所有している PC にインストールし，3 日間システムが起動した状態で PC を使用させた．被験者は本学の学生 8 人 (男性 8 人，平均年齢 23.8 歳) である．

3.4.2 評価指標

被験者は3日間システムを用いてPCを使用した後，アンケートに回答した．アンケートの回答から癖の発生を通知することでどのような印象を得られるかを調査した．アンケートの設問を表3.4に示す．

表 3.4: 予備実験用アンケート

設問番号	設問	回答形式	選択肢
1	システムが作業の邪魔になったか	単数選択	邪魔になった やや邪魔になった あまり邪魔にならなかった 邪魔にならなかった
2	システムによって作業を中断する時があったか	選択肢	中断する時があった 時々中断した あまり中断しなかった 中断する時はなかった
3	操作中に発生する変化に気がついたか	単数選択	よく気づいた 気づいた あまり気づかなかった 気づかなかった
4	気づきやすかった変化は何か	複数選択	キー入力の反応速度調整 カーソルスピード調整 イコライザ調整 コントラスト調整
5	気づきにくかった変化は何か	複数選択	キー入力の反応速度調整 カーソルスピード調整 イコライザ調整 コントラスト調整
6	その他気づいたことはあるか	自由記述	なし

3.5 結果

実験後のアンケート (表3.4) の回答をまとめた結果，設問1「システムが作業の邪魔になったか」では「邪魔にならなかった」と答えた被験者は僅か12.5%であり，87.5%の被験者はシステムによって邪魔をされてしまうという結果が出た (表3.5).

表 3.5: 設問 1 に対する回答 (%)

選択肢	邪魔になった	やや邪魔になった	あまり邪魔にならなかった	邪魔にならなかった
%	25	50	12.5	12.5

設問 2 「システムによって作業を中断する時があったか」では「中断しなかった」と答えた被験者は 37.5%であり，半数以上の被験者がシステムによって作業を中断してしまっている (表 3.6).

表 3.6: 設問 2 に対する回答 (%)

選択肢	中断することがあった	時々中断した	あまり中断しなかった	中断しなかった
%	25	25	12.5	37.5

設問 3 「操作中に発生する変化に気がついたか」では入出力デバイスの設定変更による操作中の感覚の変化に全く気づかなかった人はいなかった.「よく気づいた」と回答した人と「気づいた」と回答した人は合わせて 87.5%であり，ほとんどの人が通知の発生に気づいた (表 3.7).

表 3.7: 設問 3 に対する回答 (%)

選択肢	よく気づいた	気づいた	あまり気づかなかった	気づかなかった
%	12.5	75	12.5	0

設問 4 「気づきやすかった変化は何か」では画面のコントラストが変化するという通知がもっとも気づきやすいという結果がでた．一方，カーソルスピード調整とイコライザ調整が気づきやすいという者はいなかった (表 3.8).

表 3.8: 設問 4 に対する回答 (複数回答有り)(%)

変化	キー入力の反応速度調整	カーソルスピード調整	イコライザ調整	コントラスト変更
%	50	0	0	87.5

設問 5「気づきにくかった変化は何か」ではそれぞれの変化に対して気づきにくいと答えた被験者が少しずついた．その中でも,「コントラスト変更」に回答が多く集まった．(表 3.9).

表 3.9: 設問 5 に対する回答 (複数回答有り)(%)

変化	キー入力の反応速度調整	カーソルスピード調整	イコライザ調整	コントラスト変更
%	25	25	25	37.5

3.6 考察

表 3.8 と表 3.9 の「コントラスト変更」の値から，コントラストの変化は気づきやすくもあり，気づきにくくもあるという結果が得られた．このことについて，画面を見る角度によって気づきやすさが異なるという意見を得ている．また，表 3.8 と表 3.9 の「カーソルスピード調整」の値と「イコライザ調整」の値から,「カーソルスピード調整」と「イコライザ調整」は気づきやすくも気づきにくくもないという結果が出た．スライドの作成や音楽鑑賞を行わなければそれぞれの変化は発生しない．実験期間中にこれらの操作を行わなかったために，それぞれの変化が発生せず，回答の対象外となったのではないかと考えられる．複数の手法を用意した場合には，全ての手法を被験者が体験するよう実験条件を工夫する必要がある．

表 3.5 の「邪魔になった」と「やや邪魔になった」の 2 値を合計した値と，表 3.6 の「中断することがあった」と「時々中断した」,「あまり中断しなかった」の 3 値を合計した値から，システムが作業を阻害するという結果が出た．この件について，システムの動作によって PC の動きが重くなってしまい，ストレスが溜まったという意見を得ている．中でも，キー入力の反応速度調整時に PC の動きが遅くなったように感じるという意見が目立った．このことから，被験者はシステムによる通知を PC の処理速度の低下と感じたと考えられる．このように，姿勢とは関係のない変化を通知として与えた結果，PC の処理速度が低下したという誤解を産んだ．癖の発生を通知するシステムでは，単純に何らかの変化をユーザに与えるのではなく，癖に関係した変化をユーザに与えることが望ましい．

3.7 まとめ

本章で述べた癖の発生を通知する手法では，通知への対応中も作業を継続させる必要性と確実に通知を認識させる必要性を考慮して，ユーザが操作している時に受ける感覚の変化と姿勢の変化を連動させるシステムを開発した．ユーザの姿勢が変化すると，現在用いている入出力デバイスを推定して，設定を変更する．システムの使用感について 3.4 節で述べたようなアンケート調査を行った．3.5 節で得られたように，操作時における感覚の変化が VDT 機器の不調によるものなのか，通知システムによるものなのか区別がつきづらく，苛立ちを感じたという意見を得られた．このことから，癖の発生を通知する際にはどのような癖が発生しているのかを連想させることが必要不可欠であると言える．この手法によって，以下のことが明らかになった．

- 同じ変化でも画面を見る角度などの条件で認識しやすさが異なる

- 癖と関係のある変化でなければ，VDT 機器の不調など他の現象と混同してしまう

癖と関係のある変化ならば通知の意図が伝わるのではないかと考え，癖の長期的結果を擬似的に体験するような通知を提案した．次章にて詳細を述べる．

第4章　提案手法2:長期的結果の提示

4.1　はじめに

適切では無い姿勢で作業を続けていると，数年後に視力が低下する，腰痛になるといった形で影響が出る．このような長期的な結果というものは癖が発生している間には意識が向けられにくい．癖の長期的結果を癖の発生時に擬似的に体験させることで癖を矯正する行動を誘発できるのではないかと考える．姿勢悪化の長期的結果である視力低下を擬似的に体験させるため，姿勢の悪化とともにディスプレイの表示をぼやけさせるシステムを作成した．

4.2　提案

第 2.1 章で述べたように，癖が発生した時の流れは以下の 4 つのステップからなる．

Step-1 癖の原因が発生する

Step-2 癖が発生する

Step-3 癖の短期的結果が現れる

Step-4 癖の長期的結果が現れる

短期的結果は癖が発生した直後に発生する．短期的結果は癖の原因を打ち消すものもあり，短期的結果を引き起こすために癖を発生させるという例も存在する．例えば，VDT 作業を行なっている時，画面の表示内容が小さすぎて見えにくいという問題がある．この問題に対し，画面を凝視して画面に近づくという解決策をとる．結果として画面は見やすくなるが，姿勢が崩れてしまう．この場合，画面の表示内容が見づらいというのが癖の原因であり，画面に近づくというのが癖である．画面が見やすくなるというのが短期的結果である．作業者は画面を見やすくするために画面に近づくのであり，短期的結果を引き起こすために癖を発生させたと言える．

長期的結果は癖を繰返し発生させることでいつの間にか発生する．癖を 1 回だけ発生させた直後に自覚することは無く，癖によっては数年後にようやく自覚するというものもある．例えば，VDT 作業時に姿勢が悪化する癖を数年間直さなかった場合，目の酷使による視力悪化や，腰に負担をかける座り方を続けたことによる腰痛が発生する．姿勢を崩し

てしまう人には，知識として姿勢を崩すと視力の低下や腰痛が発生することを理解している者もいる．しかし，すぐに近視力者や腰痛になるという実感がなく，姿勢を崩してしまう．結果として，その場では実感が沸かない視力低下の恐れよりも，その場で得られる「画面が見やすくなる」という効果を優先してしまう．

このように，人間は癖が出た時に長期的な結果よりも短期的な結果を意識する．先ほど述べた例のように，短期的な結果が人間にとって好ましい場合は，癖を矯正せずに繰り返し発生させてしまう．癖を治すためには，短期的な結果よりも癖を矯正したいという動機を強調する必要がある [7]．癖の発生時に長期的結果を再現すれば，本来ならば長期的にしか得られなかった結果を短期的に実感でき，姿勢を矯正するモチベーションへと繋がるのではないかと考える．

一方，癖の矯正方法には癖の原因を排除するという手法も存在する [8]．悪癖の矯正手法として，原因を排除して癖が発生しないようにするか，長期的な結果を提示して矯正へのモチベーションを上げることで矯正させるかのどちらが適しているかを検証する．本研究では，原因を排除するという手法と提案手法を比較する前段階として，結果を提示する手法はタスク遂行の障害にならないか，タスク集中時でも認識可能であるかを検証する．

癖の長期的結果提示による癖の通知手法を，VDT 作業時における姿勢の通知に用いることで矯正効果を検討する．姿勢悪化の長期的結果である視力の悪化 [15] を，ディスプレイの表示内容をぼかして表現する．表示内容の可読性を落とさない程度にぼかすことで，通知が発生した時にもタスクを継続出来るようにする．ディスプレイの表示内容全体をぼかすことで，ユーザが作業しているウィンドウの表示内容もぼやける．注視対象に変化が生じることで，集中状態にあるユーザでも通知を認識すると考えられる [14]．このように，行動の長期的結果を提示するという通知手法は，タスクを中断させずに通知を認識させることが可能であると考えられる．

提案するシステムの概要を図 4.1 に示す．ユーザの姿勢が変化するとシステムが感知し，現在どのような姿勢であるかという姿勢情報をディスプレイに反映させる．ユーザはディスプレイに現れた姿勢情報を見て，姿勢を矯正する．

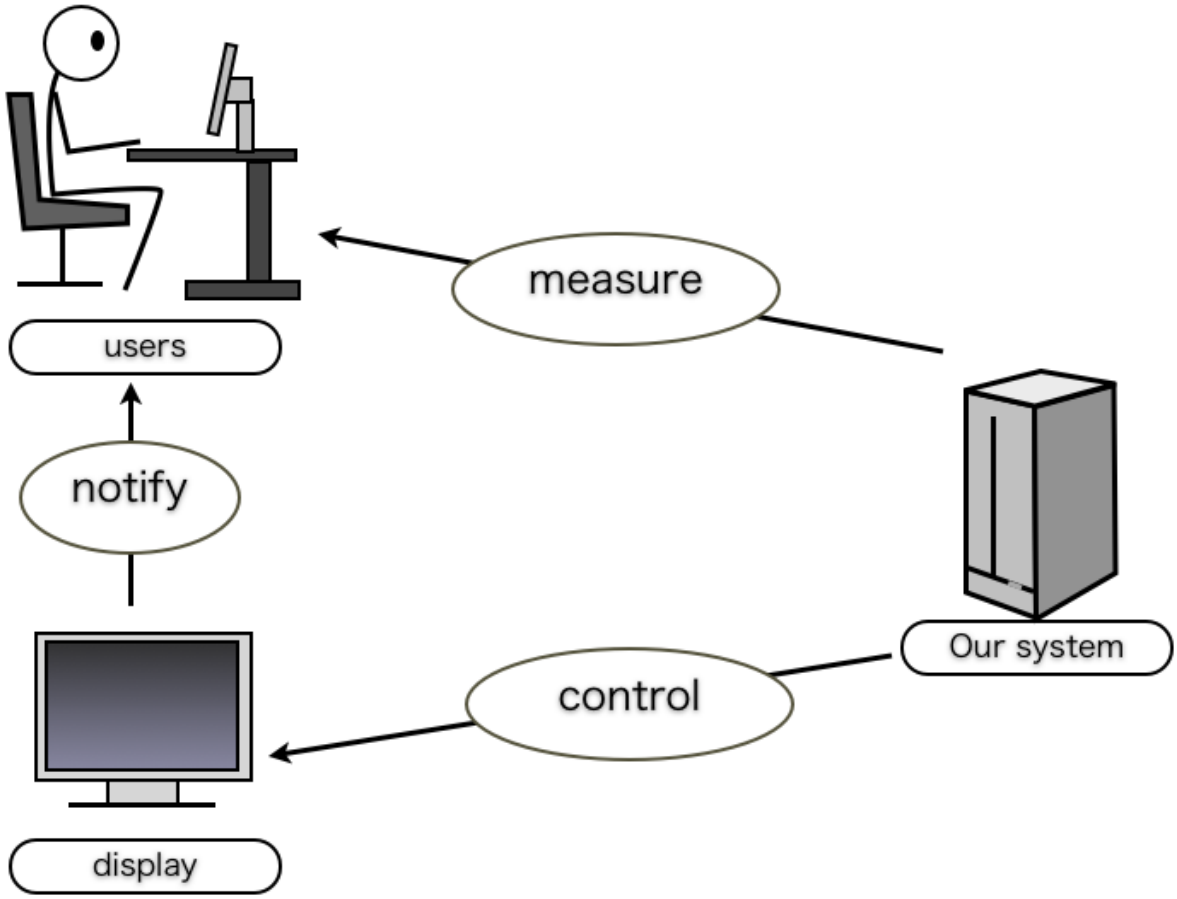

図 4.1: システム概要図

4.3 実装

4.3.1 システム構成

提案システムは，ユーザの姿勢状態をユーザとディスプレイの距離として扱う．つまり，ユーザとディスプレイの距離がある一定の距離より近くなったときに，姿勢が悪くなったと判断する．姿勢の状況に応じて，ユーザにそのことを通知する．システムは，ユーザとディスプレイの距離を検知する「距離検出部」，ユーザの姿勢状況を通知する「通知部」，距離情報を通知の強さの度合いに変換する「連動部」で構成される．開発環境を表 4.1 に示す．

表 4.1: 開発環境

OS	MacOS
機材	Mac Book Pro, Kinect[16]
開発言語 (距離検出部)	C++, OpenNI
開発言語 (通知部)	Objective-C
開発言語 (連動部)	AppleScript

4.3.2 距離検出部

Kinect に搭載されている距離センサーによってユーザとディスプレイ間の距離を計測する．距離センサーが計測できる最短距離が 50cm であるため，Kinect をユーザから見てディスプレイより 50cm 後方に設置する．ディスプレイがユーザと Kinect の間を遮ってしまうため，Kinect を 40cm の高さの台の上に設置する (図 4.2).

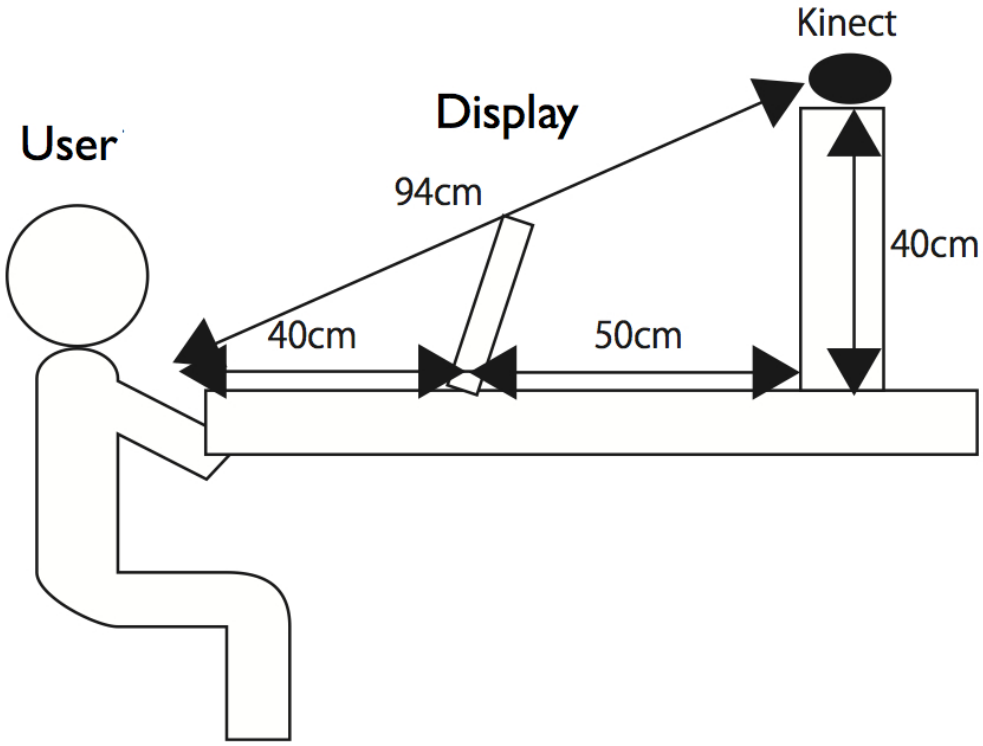

図 4.2: Kinect とディスプレイとユーザの位置関係

ユーザの些細な動きに反応しないよう，ユーザとディスプレイ間の距離をいくつかの段階に分けて捉える．VDT 作業のガイドライン [17] によると，ディスプレイとユーザは

40cm 離れていなければならない．ディスプレイとユーザの距離が 40cm の時を通知が発生しない距離とし，それより一定距離近くなるごとにグループを分けていく．距離が近いグループほど，より画面がぼやけて見える．ユーザとディスプレイの距離からユーザと Kinect の距離を求めた結果，ユーザと Kinect の距離が 94cm 以上の時に通知が発生しない距離グループ 0(以下 DG-0) とした．DG-0 を基準に，他の距離グループを表 4.2 のように設定した．システムが認識する最長距離は 114cm であり，最長距離時の DG は-3 である．システムが認識する最短距離は 78cm であり，最短距離時の DG は 4 である．

表 4.2: 距離グループの設定

DG	ユーザと Kinect の距離
-3	114cm-
-2	109cm-113cm
-1	104cm-108cm
0	94cm-103cm
1	89cm-93cm
2	84cm-88cm
3	79cm-83cm
4	-78cm

作業中にユーザとディスプレイ間の距離のグループ (以下 DG) が変化した場合，どのグループかという情報を添えて連動部を呼出す．

4.3.3 通知部

提案手法では画面をぼやけさせることでユーザに視力の低下を疑似体験させる．画面のぼやけは，画面にガウシアンフィルタをかけることで表現する．ガウシアンフィルタの前に，平滑化について記述する．平滑化とは，画像中の輝度値をなめらかにする処理である．画像中のノイズを除去するために用いられる．注目画素の周囲の輝度値を平均し，その画素の輝度値とする．輝度値を求める一例を図 4.3 に示す．図中では周囲 5 画素から平均値を取得しているが，実際は何マスでも良い．全てのマスの重みを足すと 1 になるように重み付けを設定する [18]．

1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25

：注目画素

図 4.3: 平滑化の重み付け

平滑化では均等に重み付けがされていたが，ガウシアンフィルタでは注目画素に近いほど重みが大きくなる．数式 4.1 に示すガウス分布の関数に沿って重み付けが行われる [19]．一例を図 4.4 に示す．

$$f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma} exp(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}) \tag{4.1}$$

1/256	4/256	6/256	4/256	1/256
4/256	16/256	24/256	16/256	4/256
6/256	24/256	36/256	24/256	6/256
4/256	16/256	24/256	16/256	4/256
1/256	4/256	6/256	4/256	1/256

：注目画素

図 4.4: ガウシアンフィルタの重み付け

平均化する画素の範囲を広くするとよりぼやけ，狭くするとはっきりと映るようになる．この範囲を「連動部」から操作できるようにし，ユーザとディスプレイ間の距離とぼやけ具合を関連づける (図 4.5).

認識できるぼやけ度合いは人によって異なるため，予め各利用者に対してぼやけ度合い調整が必要である．このことについては 4.4.1 で述べる．

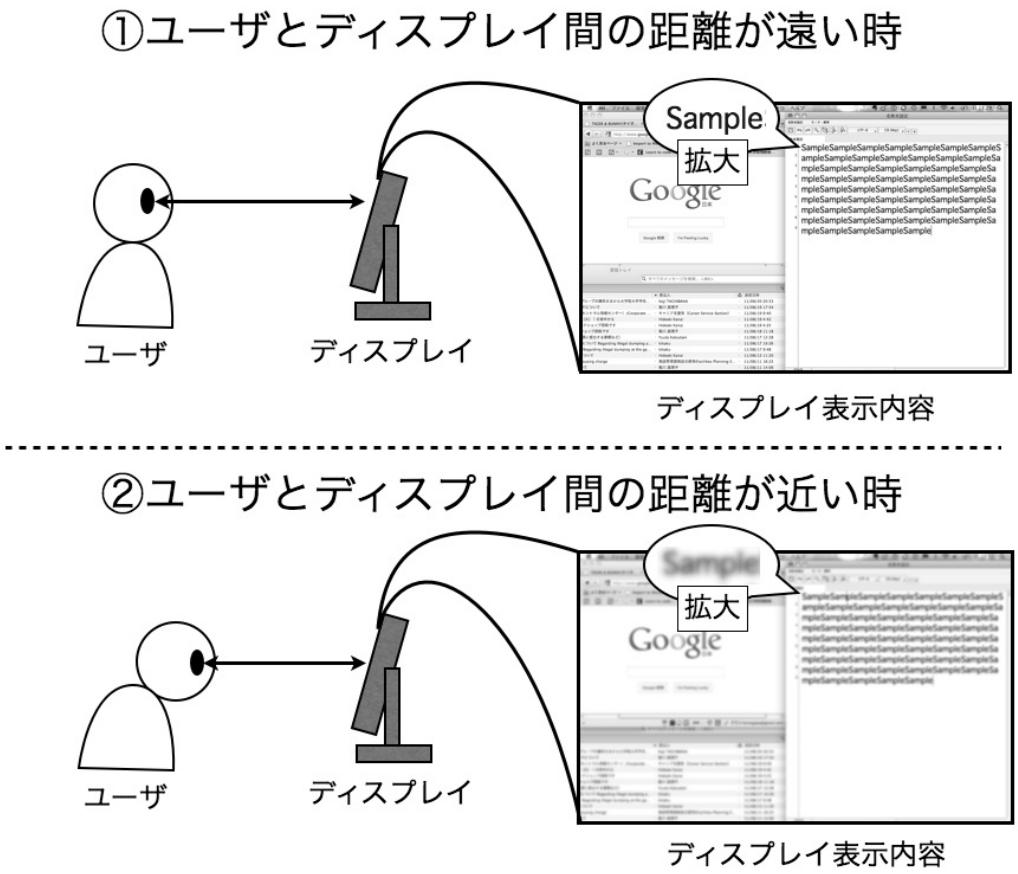

図 4.5: システム実行イメージ

4.3.4 連動部

「距離検出部」で距離の変化が検知されると呼び出される．距離の情報を受け取り,「通知部」を担当するアプリケーションを操作する．姿勢の悪さに応じて画面のぼやけ度合いが変化し，通知の強さを表す．本研究ではユーザとディスプレイ間の距離が適切では無い状態を姿勢が悪い状態であると定義する．姿勢が悪い状態には，距離が離れすぎている状態と距離が近すぎる状態の 2 種類がある．本研究では，適切な距離とどの程度差があるかを姿勢の悪化度合いとする．例えば，ユーザとディスプレイ間の距離が少し近すぎる状態と，ユーザとディスプレイ間の距離が少し遠すぎる場合は少し姿勢が悪化していると見なす．どの程度姿勢が悪化しているかの度合い (以下,「姿勢悪化度」) は数式 4.2 で求められる．数式 4.2 によって，各距離グループは表 4.3 のように変換される．

$$\text{姿勢悪化度} = |\,\text{距離グループ}\,| \tag{4.2}$$

表 4.3: 姿勢悪化度と距離グループの対応付け

姿勢悪化度	距離グループ
0	0
1	-1,1
2	-2,2
3	-3,3
4	4

姿勢悪化度から，ガウシアンフィルタで平均化する画素の範囲の半径を決定する．本研究では，平均化する画素の範囲の半径を「ぼかし半径」とする．最も通知が弱い時に設定されるぼかし半径を「ぼかしの基準値」とする．その値を基準に，ユーザとディスプレイの距離が近づくほどぼかし半径を広めていく．

ユーザの姿勢によってぼかしの基準値を変更する．システム起動前に設定したぼかし半径が狭いと，ユーザがぼかしを認識せず，姿勢通知を認識できない恐れがある．そのため，ユーザの姿勢が一定時間矯正されないようであれば，より強くぼやけるようにする．一方，ユーザの姿勢が一定時間矯正されたままであれば，ぼやけ具合を弱める．システムの動作中，一定時間ごとにユーザとディスプレイ間の距離を記録したログファイルを読み込む．一定時間のうち，ユーザとディスプレイの距離が適切である時間が 50%以下であればぼかし基準値を 0.1pixel 高めるよう設定ファイルを書き換える．ユーザとディスプレイの距離が適切である時間が 50%以上であればぼかし基準値を 0.1pixel 低下させるよう設定ファイルを書き換える．ぼかし半径の最小値は 0.0 pixel ，最大値は 2.9 pixel である．DG が 1 つ変化すると，0.1 pixel 変化する．姿勢悪化度が 0 の時はユーザとディスプレイ間の距離は適切であり，ユーザは適切な姿勢を保てている状態である．よって，姿勢悪化を通知するためにディスプレイにぼかしをかける必要は無く，ぼかし半径は 0.0 pixel に設定される．姿勢悪化度が 1 以上の時は姿勢悪化を通知するために，数式 4.3 に従って，ぼかし半径を求める．各姿勢悪化度時における各姿勢悪化度時のぼかし半径を表 4.4 に示す．ぼかし半径が増えると，画像は図 4.6 のようにぼやける．

$$\text{ぼかし半径}\,(pixel) = (\text{ぼかしの基準値} - 0.1) + \text{姿勢悪化度} * 0.1 \tag{4.3}$$

表 4.4: 各ぼかしの基準値と各姿勢悪化度時におけるぼかし半径 (pixel)

		ぼかしの基準値														
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
姿勢悪化度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
	2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
	3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
	4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

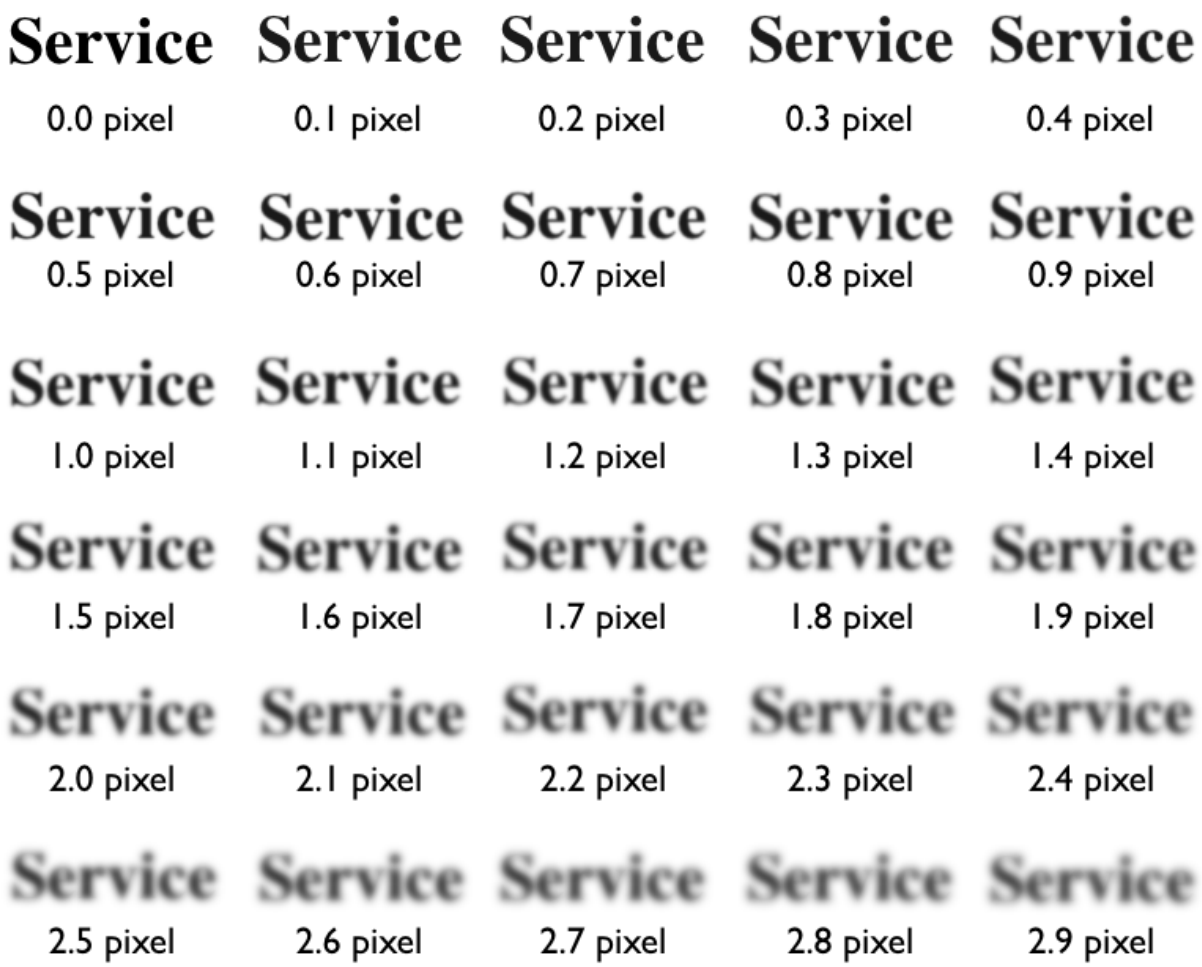

図 4.6: ぼかし半径ごとのぼやけ具合

4.4 評価実験

4.4.1 システムのキャリブレーションシステム

どれくらいのぼやけ度合いからディスプレイの表示内容がぼやけていると認識されるかは人によって異なる．そのため，事前に認識できたぼやけ度合いを調査した．そのための調査システムを図 4.7 に示す．

図 4.7: 閾値測定用システムの外観

システムの中央左にガウシアンフィルタをかけていない絵，右に同じ絵にガウシアンフィルタをかけた絵を表示する．最初に右の絵にかかっているガウシアンフィルタのぼかし度合いはランダムである．被験者は 2 つの絵を見比べ，同じ絵だと感じたら「同じ」と書かれたボタンを，片方がぼやけていて 2 つの絵が異なる絵に見えたら「違う」と書かれたボタンをクリックする.「同じ」というボタンが押されたらそれまでよりぼかし度合いが強い絵を,「違う」というボタンが押されたらそれまでよりぼかし度合いが弱い絵をランダムで表示する．選択を重ねるうちにランダムで選択するぼかし度合いの範囲が狭まっていく．最終的に一つの絵が残るので，その絵のぼかし度合いを被験者の閾値とする．取得した閾値は，実験中に被験者とディスプレイの距離が姿勢検知される最小距離になった時，通知アプリケーションに適用される．閾値測定後，タイピング練習を一度行う．被験者は適当な文字列を書き写す．この時，Kinect が被験者を認識するかという確認をするために被験者の姿勢情報は取得するが，通知は行わない．

4.4.2 妨害度

実験概要

提案手法がタスク遂行を阻害しないかを評価した．本実験では，予め各被験者に対して認識可能なぼやけ度合いについて実験システムのキャリブレーションを行う．その後，VDT 作業としてタイピング課題を行う．被験者は，姿勢状態に応じてシステムからの姿勢矯正の通知を受けながらタイピングを行う．被験者には，通知手法の説明と通知条件を事前に説明した．実験は，被験者は 10 人 (男性 9 人，女性 1 人，平均年齢 23.1 歳) で，実験の所要時間は平均 1 時間であった．

評価実験用 VDT 作業

実験は通知方法によって姿勢矯正にどのような影響が出るかを目的としている．姿勢は時間経過とともにに崩れていく傾向があり，通常の作業では 1 回の姿勢の変化に 10 分以上の時間経過が必要である [6]．更に，前屈姿勢になるだけではなく，後傾姿勢に変化する可能性もある．限られた時間中に通知アプリケーションを起動させ，それに対する反応を観察するためには，短時間で前屈姿勢になるタスクを設定しなければならない．探索や視標追跡を行うことで前屈姿勢を誘発することができるので，被験者にはこの 2 要素を含んだタスクを行ってもらう [20]．予め行った実験によると，人によって探索と視標追跡のどちらが前屈姿勢を誘発するかは異なる．そのため，各被験者には探索タスクも視標追跡タスクも一通り行ってもらう．実験では，被験者は以下の 3 つのタスクを行う．タスク中に解答に不安な箇所がある場合には，解答の見直しを可能とした．

1. 数字の羅列を逆順で複写する

   150 字の数字の羅列を，右下から左上に向かって複写する (図 4.8)．意味の無い数字の羅列を普段読みなれない方向で読むことで被験者に画面を凝視させ，前屈姿勢を引き出す．

2. 数字の羅列の中から特定の数字をカウントする

   150 字の数字の羅列の中から，任意の 1 桁の数と任意の 2 桁の数をカウントする (図 4.9)．多くの数字の中から特定の数字を探索させることで前屈姿勢を引き出す．今回の実験では 1 桁の数字は”3”に，2 桁の数字は”16”に設定した

3. 移動するテキストを複写する

   画面内を移動する 50 字のテキストを複写する．テキストは x 軸方向の移動，y 軸方向の移動，回転移動をしながら，画面隅まで来たら跳ね返る．移動が早すぎると認識を諦めて勘で書き込む恐れが，移動が遅すぎると画面を凝視しなくても複写できてしまう恐れがあるため，跳ね返るたびに速度を変動させる (図 4.10)．テキストを視標追跡させることで前屈姿勢を引き出す．

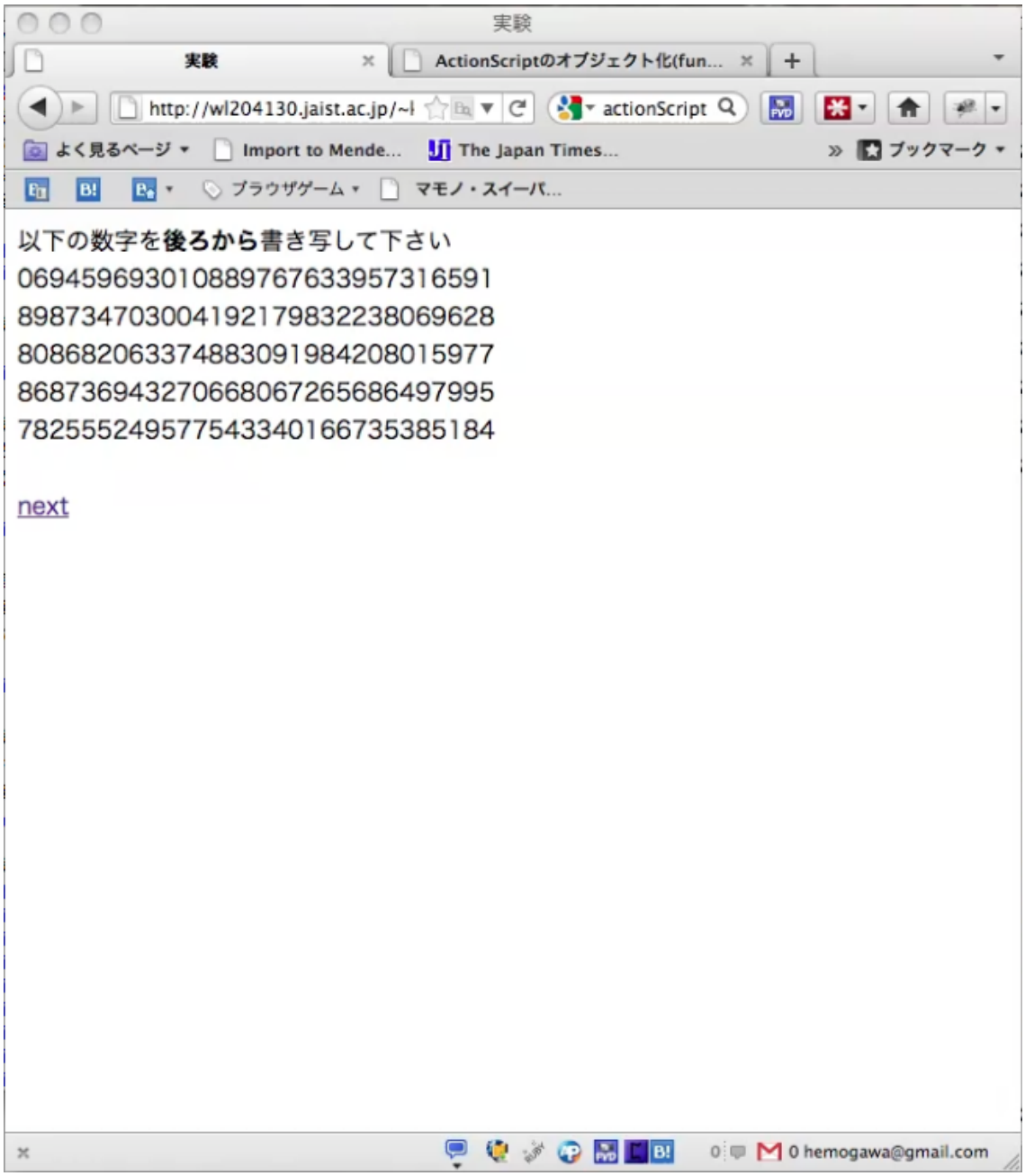

図 4.8: タスク 1 で複写する文字列例

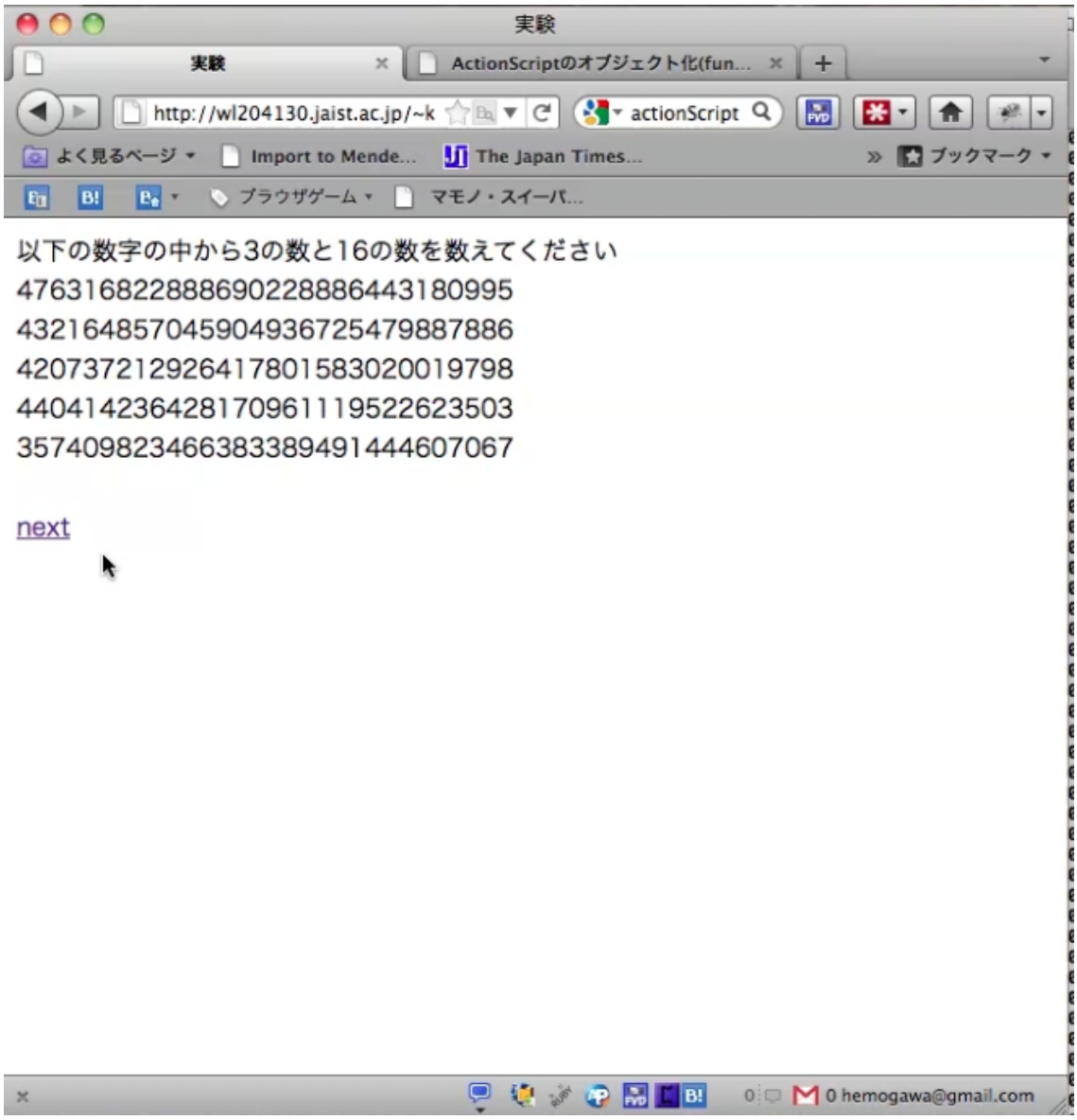

図 4.9: タスク 2 で探索する文字列例

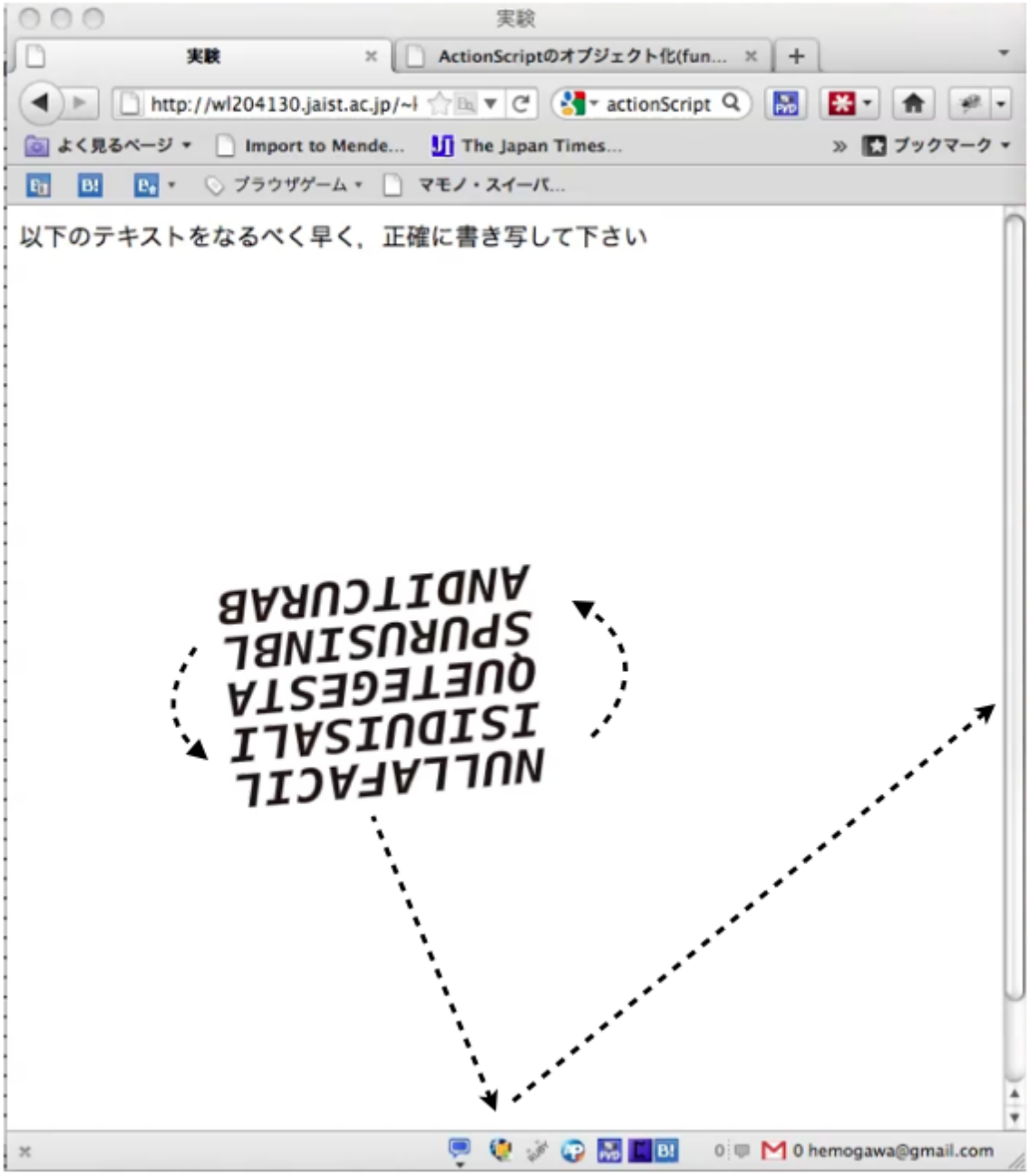

図 4.10: タスク 3 で複写する文字列例

通知手法

提案する通知システムの目的はメインタスクへの作業効率を低下させないことと，通知を認識させて癖を矯正させることである．この 2 つを評価するために，他の通知手法との比較を行う．以下の 4 つの通知手法で実験を行い，各手法のメインタスクへの作業効率と通知認識度を比較する．

通知手法 A 通知無し

被験者の姿勢が変化しても何も通知しない．通知が無い状態の作業効率と姿勢の変化を計測する．

通知手法 B モーダルウィンドウが出現する

被験者の姿勢が前屈姿勢になっている間，最前面にウィンドウを表示させる (図 4.11)．”OK”ボタンを押すことでウィンドウは消える．被験者はウィンドウが出現するたびに作業を中断してウィンドウを消さなければならないため，通知は認識するが作業効率は低下すると考える．

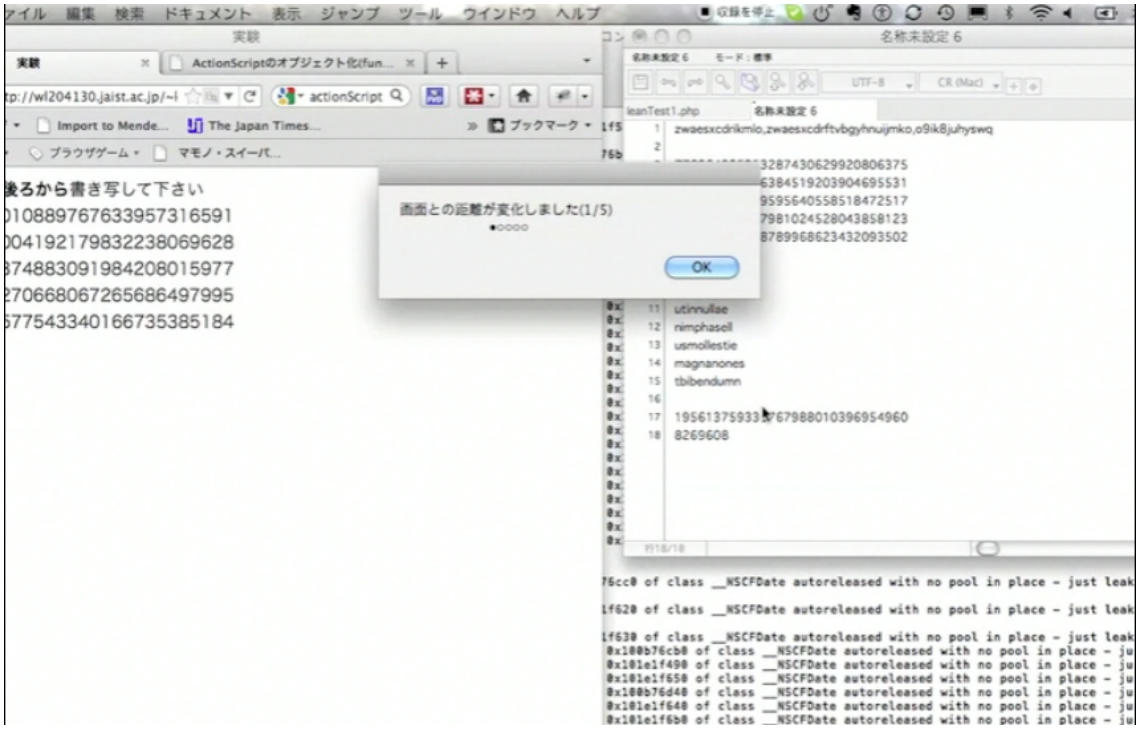

図 4.11: 通知ウィンドウによる通知例

通知手法 C 周辺のウィンドウに表示する

複写元の文字を表示しているウィンドウ，複写先のエディタのウィンドウの他に，画面隅に姿勢の変化をメッセージで通知するウィンドウを配置する (図 4.12)．被験者の視界の隅でメッセージが変化するので，作業効率に影響は無いが通知を認識されないと考える．

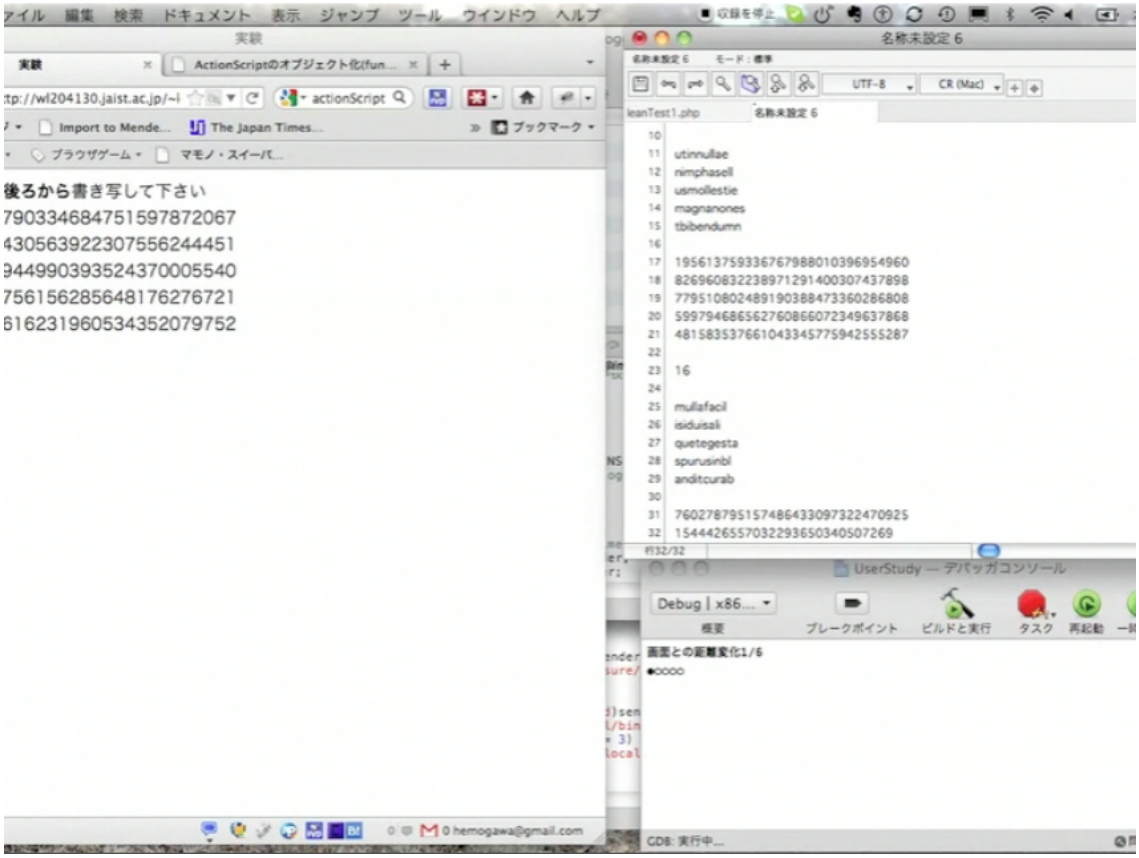

図 4.12: 周辺ウィンドウによる通知例

通知手法 D 提案手法

被験者の姿勢が前屈姿勢になると、被験者とディスプレイとの距離に応じて画面がぼやける．ぼやけても表示内容は認識可能であるため作業効率に影響は無く，また，被験者が注視している箇所に変化がおきるため通知を認識すると考える．

被験者は 3 つのタスクを 4 つの通知条件で行う．計 12 回タスクを行う．通知条件の順番は以下の 9 つを用意し，通知の順番に偏りを無くした．

- A → B → C → D
- A → D → C → B
- B → A → D → C
- B → D → A → C
- C → A → D → B
- C → B → D → A

- C → D → B → A
- D → C → A → B
- D → C → B → A

評価指標

通知手法がタスクの遂行を妨害するかを評価する．タスクの妨害には以下の 2 種類が考えられる．

- 物理的な妨害-タスクを行う手が中断されてしまう．タスク中に別の操作が挿入される
- 精神的な妨害-タスク以外のことを意識させてしまう．タスクへの集中状態を解除させる

物理的な妨害の有無は，ユーザの操作履歴を参照することで判断できる．たとえば，タイピングタスク中にマウスでクリックをしたら，ユーザはタイピングを中断して他の操作をしたということになる．タスク 1 とタスク 3 はタイピングタスクであるため，キーボード以外のデバイスを操作した時がタスクを中断したと考えれる．タスク 2 は探索タスクであり，特定の数字を探している間は VDT 機器に一切触れないよう指示している．そのため，何らかの操作を行ったらタスクを中断したと判断した．実験中に表 4.5 のように操作が行われていたらタスクを中断したと判断する．

表 4.5: タスクが中断されたと判断する条件

タスク	タスクが中断されたと判断する操作
タスク 1	キーボード操作以外
タスク 2	全ての操作
タスク 3	キーボード操作以外

精神的な妨害の有無は，タスクの正答率によって判断できる．被験者に課すタスクは，文字の複写や特定文字の捜索であり，発想力や技術を必要としない．個人の能力によって正誤が左右されるとは考え難い．正誤が左右されるとすれば，複写元の文字を読み間違えたり，特定の文字を何個まで数えたのかを忘れてしまったといった不注意がある場合である．タスクの正答率が著しく下がっている場合，被験者の注意力が低下していたのではないかと考えられる．集中力が低下したときの減少の一つに注意力の低下が挙げられる．正答率が低下した場合に被験者は集中力が低下していたと判断でき，精神的な妨害にあっていたと判断した．

タスク遂行に費やした時間から，物理的な妨害の有無と精神的な妨害の有無が判断できる．タスクが中断されたら，中断している間に行なっていた操作の分タスクを遂行する時

間が増加する．また，タスクへの集中が阻害されたら，自分が不注意であった時の回答に間違いが無いかを確認すると考えられる．確認する時間の分タスクを遂行する時間が増加する．

物理的な妨害の有無を操作履歴とタスク遂行時間によって，精神的な妨害の有無を正答率とタスク遂行時間によって判断する (表 4.6).

表 4.6: 長期的結果提示手法による妨害の有無の評価指標

妨害の種類	評価指標
物理的妨害	操作履歴 タスク遂行時間
精神的妨害	正答率 タスク遂行時間

4.4.3 矯正度

実験概要

提案手法が癖を矯正するかを調査した．本実験では，60 分に渡って Wikipedia を閲覧するというタスクを課した．被験者は，姿勢状態に応じてシステムから死せ矯正の通知を受けながら Wikipedia を閲覧する．被験者には通知手法について事前に説明を行わなかった．被験者は 20 名 (男性 17 人，女性 3 人，平均年齢 25.3 歳) だった．

評価実験用 VDT 作業

妨害度を評価した実験では 5 分ごとにタスクが終了したため，姿勢の推移が十分に観測できたとは言い難い．また，被験者に課したタスクが姿勢悪化を誘発するための特殊なタスクとなっている．提案手法が人々が日々行なっているような VDT 作業でも有効であるかを確かめる必要がある．一般的なタスクの場合，姿勢の変化には一定の時間を必要とするため，姿勢の推移を観測するという目的も込めて長時間のタスクで評価実験を行う．

Wikipedia[21] での調査タスクを設定する．インターネットでの調べ物や，Wikipedia のようなインターネット百科事典を閲覧しての調べ物は日常的に行われている行為である．被験者はこちらが指定した項目を Wikipedia で調べる．項目を読み終わったら関連項目を調べる．長時間における姿勢の推移を観測するため，一時間経過するまで関連項目から関連項目へとジャンプし，読み続ける．項目を調べる際，エディタに項目名を書き写す．調査した項目数を報告させることで，被験者がタスクに集中して取り組むと考える．

通知手法

提案手法はユーザの姿勢に応じてぼかし半径を変更している．これは姿勢悪化の長期的結果を提示する通知に加えて,「ユーザの姿勢が今このくらい悪い」という現状を提示す

る通知も含まれていると考えられる．長期的結果提示の有効性を検証するには，現状の提示という手法による効果を分けて考える必要がある．現状の提示のみを与える通知手法と提案手法を比較することで，長期的結果提示のみの効果が得られると考えた．

上記のことを検証するため，ディスプレイ上部に「姿勢の悪さレベル」という姿勢の情報を表示するという形で姿勢情報を文字情報によって提示する通知手法 (図 4.13) と，提案手法を比較する.「姿勢の悪さレベル」はその時の姿勢悪化度によって表現される．各通知手法で，10 人ずつ実験を行う．提案手法である癖の長期的結果の提示によって，実際に癖を連想し，矯正するかを評価するため，被験者には「姿勢の悪化によって画面がぼやける」ことは伝えない．

図 4.13: 文字情報提示による通知例

評価指標

被験者がタスク遂行中にどのように姿勢を変化させたかを，被験者とディスプレイ間の距離のログデータから評価した．しかし，これらのログデータだけでは被験者が姿勢を矯正しない時に「通知を認識していないから姿勢を矯正しない」のか,「通知を認識していても無視しているから姿勢を矯正しないのか」判断できない．被験者が姿勢を矯正したのか/していないのかという情報以外にも，通知を認識しているのか/していないのかという情報が必要である．

通知を認識しているかを判別するため，被験者は通知の発生を認識したらその旨を発言するというルールを設ける．実験中は被験者の音声を録音し，通知を認識した状態と通知に反応して行動した状態とを区別する．ぼかしの基準の変更ログと併せて見ることで，ぼかしの基準が狭い時でも通知を認識したのか，ぼかしの基準が広い時だけ通知を認識したのかといった通知に対する被験者の反応を分析する．実験終了後，表 4.7 のアンケートを行い，通知を認識していたか，通知にどのような印象を受けたか等を調査する．アンケートの質問は，図 4.14 の順に行った．Q1 から順に質問をし，Q2 と Q3 はそれぞれ前の設問 (Q1，Q2) の回答が「はい」の場合に質問を行った．また，Q4 は Q1 の回答が「はい」の場合に質問を行った．

表 4.7: 文字情報提示提示もしくは長期的結果提示を受けてのアンケート

質問番号	文字情報提示手法における質問内容	提案手法における質問内容
Q1	通知に気がついたか	通知に気がついたか
Q2	通知の変化条件に気づいたか	通知の変化条件に気づいたか
Q3	「姿勢の悪さレベル」が 0 になる位置を発見したか	ぼやけが消える位置を発見したか
Q4	「姿勢の悪さレベル」を 0 にしたいか	ぼやけを取り除きたいか

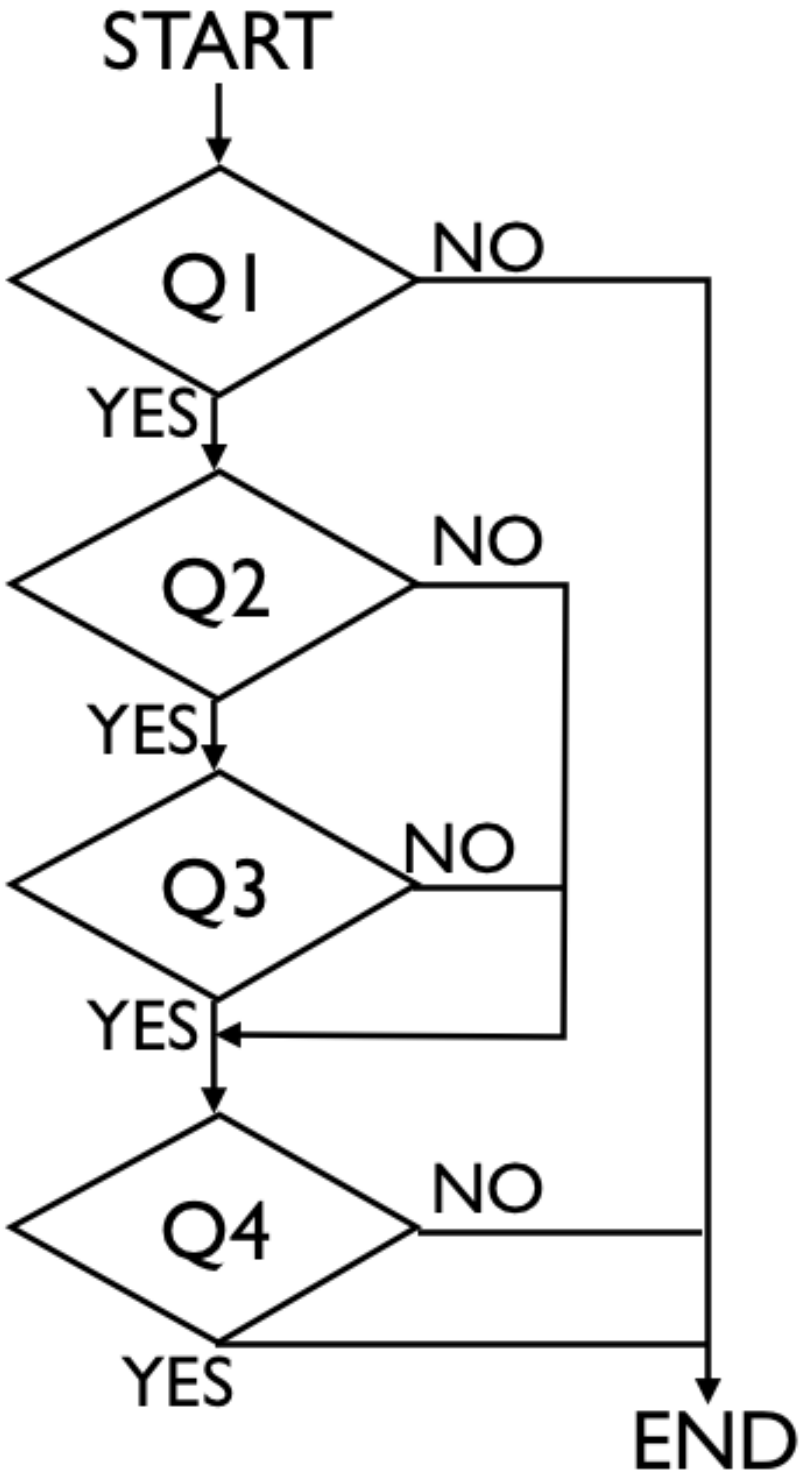

図 4.14: アンケート回答の流れ

4.5 結果

4.5.1 妨害度

提案手法では，通知によってタスク遂行に影響を与えないことを目標としている．タスクへの集中が維持されたかを判断するために，VDT 作業の作業効率を計測した．操作履歴とタスク遂行時間，正答率を比較する．

操作履歴による評価

表 4.5 で設定した作業中断回数の平均を通知手法ごとに求めた (表 4.8).

表 4.8: 各通知手法時におけるタスクごとの作業中断回数

	タスク 1	タスク 2	タスク 3
通知手法 A	0	0	0
通知手法 B	11.1	1.9	3.4
通知手法 C	0	0	0
通知手法 D	0	0	0

小数点第 2 位を四捨五入

通知手法 B 以外では作業は中断されなかった．通知手法 B ではタスク 1 の作業中断回数は 10 回以上だが，タスク 2 とタスク 3 では 4 回以下に抑えられている．

正答率による評価

タスク 1 と 3 において，各被験者がどのくらい正確に文字を打ったかを示す正答率を数式 4.4 によって求めた．

$$\text{正答率} = ((\text{問題の字数}) - (\text{見落とした字数}))/((\text{問題の字数}) + \text{謝って入力した字数}) \quad (4.4)$$

また，タスク 2 において各被験者が解答した数と正解数の差を求めた．これらの値の平均値を，通知手法ごとに求めた (表 4.9，表 4.10，表 4.11).

表 4.9: 各通知方法におけるタスク 1 の正答率

通知手法	一致数	見落数	誤入力数	正答率 (%)
通知手法 A	149.4	0.8	4.4	96.6
通知手法 B	148.4	1.6	1.7	97.8
通知手法 C	148.3	1.7	1.5	97.9
通知手法 D	148.0	2.0	2.3	97.2

小数点第 2 位を四捨五入

表 4.10: 各通知方法におけるタスク 2 の正答率

通知手法	一桁 (個数)	二桁 (個数)
通知手法 A	0.3	0.2
通知手法 B	1.0	0.1
通知手法 C	0.7	0.1
通知手法 D	1.1	0.1

小数点第 2 位を四捨五入

表 4.11: 各通知方法におけるタスク 3 の正答率

通知手法	一致数	見落数	誤入力数	正答率 (%)
通知手法 A	49.2	0.8	0.6	97.2
通知手法 B	48.4	1.6	0.3	96.3
通知手法 C	48.8	1.4	1.0	95.3
通知手法 D	49.3	0.7	0.2	98.2

小数点第 2 位を四捨五入

タスク 1 とタスク 3 の正答率は全ての通知手法で正答率が 95%を超えた (表 4.9 および表 4.11)．タスク 2 では数え間違いが最も多い時でも 1 文字程度に抑えられている (表 4.10)．以上の結果より，正答率は全ての通知手法で高いと考えれられる．このことから，被験者は解答に間違いが無いように真剣にタスクに取り組み，タスクに集中していたと考えられる．通知手法ごとの解答時間を比較して，タスクへの集中が維持されていたかを評価する．

タスク遂行時間による評価

通知手法ごと，タスクごとにタスク遂行秒数をまとめ，他の被験者と比較して極端に多い値と少ない値を取り除いた．上位 25%，75%にあたる順位を求め (数式 4.5) る．求めた値を整数部分 (A) と小数部分 (B) に分ける．その順位にあたる値 (パーセンタイル) を求める (数式 4.6)．

$$x\%\text{の順位} = (\text{被験者数} + 1) \times \frac{x}{100} \tag{4.5}$$

$$x\%\text{パーセンタイル} = A\text{番目のデータ} + ((A+1)\text{番目のデータ} - A\text{番目のデータ}) \times B \tag{4.6}$$

25%パーセンタイルから，その値より少なければ外れ値と判断する値 (仮下側境界点) を求める (数式 4.7)．75%パーセンタイルから，その値より多ければ外れ値と判断する値 (仮上側境界点) を求める (数式 4.8)．

$$\text{仮下側境界点} = 25\%\text{パーセンタイル} - ((75\%\text{パーセンタイル} - 25\%\text{パーセンタイル}) \times 1.5) \tag{4.7}$$

$$\text{仮下側境界点} = 75\%\text{パーセンタイル} + ((75\%\text{パーセンタイル} - 25\%\text{パーセンタイル}) \times 1.5) \tag{4.8}$$

仮下側境界点より少ない値と，仮上側境界点より多い値を外れ値として取り除く．残った値の平均を通知手法ごとに表 4.12 に示す．通知手法 A と各通知手法の差から平均値と標準偏差を求め，平均値と標準偏差から統計量 (T) を求める (数式 4.9)．

$$T = \frac{\text{平均値}}{\text{標準偏差}/\sqrt{\text{被験者数}}} \tag{4.9}$$

統計量 T から p 値を求め，両側検定を行った．検定の結果，通知手法 A 時におけるタスク遂行秒数と他の通知手法時における各タスク遂行秒数の間で，有意水準 5%で有意差が確認できた．

表 4.12: 各通知方法におけるタスク平均遂行時間 (秒)

タスク	通知手法 A	通知手法 B	通知手法 C	通知手法 D
タスク 1	229.7	337.2	261.7	275.2
タスク 2	105.3	89.1	105.6	81.5
タスク 3	123.9	132.8	136.3	114.6
合計	458.9	559.1	503.6	471.3

小数点第 2 位を四捨五入

通知が発生しない通知手法 A 時の秒数と比較して，タスク 1 の時は通知手法 B の秒数が多いという結果が出た．一方，タスク 2 とタスク 3 はどの通知手法も大幅に秒数が増加しなかった．

4.5.2 矯正度

姿勢矯正

それぞれの被験者に対して，60 分間の測定結果を少なくとも 2 回以上姿勢変化が現れる 20 分ごとに分けて集計した．分割した期間を，20 分毎に初期・中期・後期と呼ぶ (表 4.13)．

表 4.13: 実験結果の時間ごとの分割

名称	経過時間
初期	0 - 20 分
中期	20 - 40 分
後期	40 - 60 分

それぞれの通知手法において，各距離グループ (DG) に滞在した秒数を求めた．60 分間中何秒各距離グループに滞在したかの割合を求めた．表 4.14 が文字情報提示による通知を与えた時に測定した各距離グループ滞在時間の割合である．表 4.15 が提案手法による通知を与えた時に測定した各距離グループ滞在時間の割合である．

表 4.14: 文字情報提示提示による各距離グループ滞在秒数 (%)

	DG:-3	DG:-2	DG:-1	DG:0	DG:1	DG:2	DG:3	DG:4
初期	1.6	0.3	2	38.4	43.2	14.4	0	0
中期	0.2	0.2	10	19.8	13.1	37.7	18.9	0
後期	0.9	3.4	7	29.9	26.5	27.5	5.1	0

表 4.15: 長期的結果提示による各距離グループ滞在秒数 (%)

	DG:-3	DG:-2	DG:-1	DG:0	DG:1	DG:2	DG:3	DG:4
初期	25.8	0.8	6	14.7	32.3	20.4	3	0.2
中期	7.8	0.3	2	70.6	13.5	6.1	0.1	0
後期	16.2	7.9	11	47.2	12.5	5.1	0.2	0

認識率

通知手法毎に通知が発生した回数と被験者が発話した回数を求めた．被験者の発話の中で，表 4.16 で記述したように,「表示がぼやけた」「画面上部の文章が変化した」といった内容のものを有効な発話とした．

表 4.16: 通知を認識していると判断する発言内容

通知手法	発言内容
文字情報提示手法	画面上部の文章が変化した 「姿勢レベル○○」と書いてある
提案手法	画面の表示がぼやけた 画面の表示がくっきりした

被験者の現在の姿勢を文章によって提示する文字情報提示手法では，現在の姿勢悪化度をディスプレイ上部に表示されているステータスバーに表示する．ステータスバーへの表示によって発話が行われるかを調査した．10 人中 1 人の被験者がステータスバーの表示について発言した．

提案手法を用いた実験では，悪い姿勢でいる時間が長ければよりぼやけ，良い姿勢でいる時間が長ければぼやけ度合いが薄まるという機能により，実験中に「ぼやけの基準」は数度変化している．被験者によって「ぼやけの基準値」の初期値が異なるため，１分ごとの「ぼやけの基準値」から「ぼやけの基準値」の初期値を引いた値を求めた．各被験者がそれぞれの「ぼやけの基準値」の時に通知を認識して発話したかを調査した．ぼやけの基準値が変化するほど各姿勢悪化度時のぼかし半径が底上げされ，ディスプレイがよりぼやけるようになる．そのため，どのくらいぼかし半径を底上げしてからなら，すなわち，どの程度ぼかしの基準値が変化してからなら通知を認識するのかを調査する必要がある．被験者ごとに，通知を認識する最小のぼかしの基準値を求めた．被験者ごとに初期のぼかし基準値から通知を認識可能なぼかし基準値まで何段階の変化があったのかを求め，集計した (表 4.17)．

表 4.17: 提案手法でのぼやけ基準値の変化に対する認識した人数 (%)

ぼやけの基準値の変化	0 段階	1 段階
認識した人数 (%)	50	100

ぼやけの基準値が 1 段階変化した時点で，全ての被験者が通知を認識した．

アンケート

表 4.18 に文字情報提示手法時におけるアンケート結果を，表 4.19 に提案手法時におけるアンケート結果を示す．Q1 に「はい」と答えた人数は全被験者の中からの割合を求める．Q2 と Q3 は，前の設問で「はい」と答えた者の中からの割合を求める．Q4 は，Q1 に「はい」と答えた者の中からの割合を求めた．

表 4.18: 文字情報提示手法におけるアンケート結果

質問	Q1	Q2	Q3	Q4
「はい」と答えた人数 (%)	50	100	0	0

表 4.19: 提案手法におけるアンケート結果

質問	Q1	Q2	Q3	Q4
「はい」と答えた人数 (%)	90	56	60	100

4.6 考察

4.6.1 妨害度

通知が無い状態である通知手法 A を基準に，他の通知手法について考察する．

表 4.8 に記載された「通知手法 B」の「タスク 1」,「タスク 2」,「タスク 3」のタスク中断回数 (それぞれ 11 回，2 回，3 回) を比較すると,「タスク 1」のタスク中断回数 (11 回) が圧倒的に多いことに気付く．原因を調査すると，通知手法 B 時ではタスク 2 とタスク 3 遂行時にほとんど通知が発生していないことが明らかになった (表 4.20).

表 4.20: 各通知手法時における通知発生回数

通知手法	タスク 1	タスク 2	タスク 3
通知手法 B	11	2	3
通知手法 C	48	22	13
通知手法 D	38	7	9

表 4.21: 通知手法 A と各通知手法のタスク遂行秒数比較結果

	通知手法 B	通知手法 C	通知手法 D
タスク 1	107.5 秒増加	32.0 秒増加	45.5 秒増加
タスク 2	通知効果無し	0.3 秒増加	23.8 秒減少
タスク 3	通知効果無し	12.4 秒増加	9.3 秒減少

小数点第 2 位を四捨五入

このことより，通知手法 B の影響を検討する上で参考にできるのはタスク 1 時のデータのみであると考えられる．表 4.8 の「タスク 1」の「通知手法 B」のタスク中断回数 (11 回) より，タスク 1 では操作が数度中断されており，被験者は物理的妨害にあっていたと考えられる．一方，表 4.9 の「通知手法 B」の「正答率 (97.8%)」より，正答率は高いところから精神的妨害は無いと思われる．しかし，表 4.21 の「タスク 1」で得られるようにタスク遂行秒数は他の通知手法と比較して増加しているため，操作の中断によってタスク遂行秒数が増加したとも考えられる．また,「複写する数字を途中まで覚えていたのに通知ウィンドウによって忘れてしまった」とタスクへの意識がそらされてしまったことを証言している被験者もおり，通知によって回答に慎重になりタスク遂行秒数が増加したと考えられる．以上のことより，通知手法 B には，タスクを物理的に妨害する効果と精神的に妨害する効果があると考えられる．

表 4.8 に記載されている全てのタスクの「通知手法 C」における発生回数 (0 回) から，通知手法 C では一度も操作が中断されず，物理的妨害は行われなかったと考えられる．表 4.9 と表 4.10，表 4.11 に記載されている全てのタスクの「通知手法 C」の値から，両手法共に正答率も高く，精神的に妨害する効果も無いと考えられる．表 4.12 の「タスク 1」での「通知手法 A」のタスク遂行秒数 (229.7 秒) と比較すると,「通知手法 C」の値 (261.7 秒) は増加している.「タスク 2」での「通知手法 A」のタスク遂行秒数 (105.3 秒) と比較すると,「通知手法 C」の値 (105.6 秒) は僅かながら増加している.「タスク 3」での「通知手法 A」のタスク遂行秒数 (123.9 秒) と比較すると,「通知手法 C」の値 (136.3 秒) は増加している．通知手法 C では全てのタスク遂行時にタスク遂行秒数が増加している (表 4.21)．通知手法 C でタスク遂行秒数が増加した理由として，物理的な妨害はタスク中断回数が 0 だったことから考え難い．よって，通知の認識負荷，即ち，タスクへの精神的妨害効果によってタスク遂行秒数が増加したと考えられる．

表 4.8 に記載されている全てのタスクの「通知手法 D」における発生回数 (0 回) から，通知手法 D では一度も操作が中断されず，物理的妨害は行われなかったと考えられる．表 4.9 と表 4.10，表 4.11 に記載されている全てのタスクの「通知手法 D」の値から，正答率も高く，精神的に妨害する効果も無いと考えられる．表 4.12 の「タスク 1」での「通知手法 A」のタスク遂行秒数 (229.7 秒) と比較すると,「通知手法 D」の値 (275.2 秒) は増加している.「タスク 2」での「通知手法 A」のタスク遂行秒数 (105.3 秒) と比較すると,「通知手法 D」の値 (81.5 秒) は減少している.「タスク 3」での「通知手法 A」のタスク遂行秒数 (123.9 秒) と比較すると,「通知手法 D」の値 (114.6 秒) は減少している．通知手法 D ではタスク 1 遂行時のみタスク遂行秒数が増加し，他のタスクでは減少している (表 4.21)．よって，通知手法 D ではタスク 1 のタスク遂行秒数だけが増加したことから，他の通知手法と比べ，通知手法 D は通知の認識負荷が少なかったと考えられる．

通知手法の妨害度を検証した結果，通知ウィンドウによる通知 (通知手法 B) は物理的妨害効果と精神的妨害効果が有ると判明した．周辺ウィンドウによる通知 (通知手法 C) では物理的妨害効果は無いが精神的妨害効果は有ると判明した．長期的結果提示による通知 (通知手法 D) は物理的妨害効果も精神的妨害効果も無いと判明した (表 4.22)．

表 4.22: 各通知手法の妨害効果

	通知手法 B	通知手法 C	通知手法 D
物理的妨害	有	無	無
精神的妨害	有	有	無

4.6.2 矯正度

文字情報提示の提示による通知を行った結果，表 4.23 のように適切な姿勢であった時間 (DG:0 の滞在時間) の割合の結果が得られた．

表 4.23: 文字情報提示提示時における適切な姿勢である時間の割合

期間	DG-0 であった割合
初期	38.4%
中期	19.8%
後期	29.9%

表 4.23 から「初期」と「中期」,「中期」と「後期」の値を比較して，適切な姿勢を保った時間の増減を調べた．加えて,「初期」と「後期」の値を比較して，実験中に適切な姿勢である時間が増加したか，すなわち，全体的に姿勢が矯正されたかを調査した．比較をした結果，初期から中期においては姿勢が矯正されず，中期から後期においては姿勢が矯正されている．そのために，実験後半に姿勢が矯正されたかのように考えられる．しかし，初期の方が後期よりも姿勢が崩されている時間が多く，全体を通して姿勢が矯正されたとは考えづらい (表 4.24).

表 4.24: 文字情報提示提示時における適切な姿勢の維持時間の推移

比較する期間	比較結果	結論
初期 から 中期	18.6%減少	姿勢が矯正されていない
中期 から 後期	10.1%増加	姿勢が矯正された
初期 から 後期	8.5%減少	全体的には姿勢が矯正されていない

また，発話回数は 1 人の被験者を除いて 0 回である．唯一発話した被験者は以下のように発言している．

- 「(ディスプレイの) 上の方に姿勢の悪さレベル 3 と書いてある」
- 「自分の姿勢は悪いらしい」

上の発言からは通知を認識したことが，下の発言から通知の発生条件を理解したことが読み取れる．表 4.18 の「Q1」の「「はい」と答えた人数 (50%)」より，ディスプレイ上部の文字変化に気がついていたのは 5 人である．その中の 1 人は実験中に通知について発言したが，残りの 4 人は発言していない．これは，漠然と文字変化を認識していたが，変化の瞬間を捉えるほど強く認識しなかったからではないかと考えられる．5 人の被験者はディスプレイ上部の文字列変化には気づかなかった．半数の被験者に認識されず，40%の被験者には漠然と捉えられたことから，文字情報提示による通知は認識され難いと考えられる (表 4.25).

表 4.25: 文字情報提示時において通知を認識した人数

	発話した	発話していない
アンケートで認識したと答えた	1	4
アンケートで認識していないと答えた	0	5

表 4.18 の「Q2」の「「はい」と答えた人数 (100%)」より，通知を認識した被験者全員が通知の発生条件を理解したことが判明した．これは通知内容が「姿勢の悪さレベル：(姿勢の悪さ度合い)」という内容であり，通知の意図を文字情報によって記述していたからだと考えられる．

表 4.18 の「Q4」の「「はい」と答えた人数 (0%)」で得られたように,「姿勢の悪さレベル」を 0 にしたいと回答した者はおらず，癖を矯正するモチベーションを与えたとは考え難い．

文字情報提示手法には通知に従うモチベーションを与えないという短所がある．一方で，発言内容とアンケートを参照する限り，癖の発生を自覚させることは可能であるという長所がある．

提案手法である長期的結果の提示によって姿勢情報を提示した結果，表 4.26 のような DG:0 の滞在時間の割合の結果を得られた．

表 4.26: 長期的結果提示時における適切な姿勢の維持時間の推移

期間	DG-0 であった割合
初期	14.7%
中期	70.6%
後期	47.2%

表 4.15 の「初期」の「DG:1(43.2%)」より，初期は DG:1 の滞在時間が最も多く姿勢が崩れた状態だったと言える．中期は DG:0 の滞在時間が多く，他 DG の滞在時間全てと比較しても DG:0 の滞在時間の方が多い．つまり，姿勢が崩れている時間より姿勢が正しく保たれた時間の方が長いと言える．後期も DG:0 の滞在時間が最も多いが，中期と比較すると減少している．

初期から中期にかけては姿勢が矯正され，中期から後期にかけては姿勢が悪化している．このことから，初期から中期にかけて矯正された姿勢が悪化してしまったと考えられる．しかし，初期と後期の値を比較すると後期の方が姿勢を正しく保っている時間が長く，実験を通して姿勢は矯正されたのではないかと考えられる (表 4.27).

表 4.27: 長期的結果提示時における適切な姿勢維持時間の推移

比較する期間	比較結果	結論
初期 から 中期	55.9%増加	姿勢が矯正された
中期 から 後期	23.4%減少	姿勢が矯正されていない
初期 から 後期	32.5%増加	全体的には姿勢が矯正された

初期から中期にかけて姿勢が矯正された件について，表 4.17 の発話記録を参照することで，どのように通知を認識し，姿勢を矯正したのかが推察できる．表 4.17 の「0 段階」の「認識した人数 (50%)」で得られるように,「ぼかしの基準値」が実験開始時から変化し

ていない時は半数の被験者しか通知を認識していない．しかし，実験開始から 5 分が経過し,「ぼかしの基準値」が 1 段階上昇した場合には，全ての被験者が通知を認識している．これは以下の 5 つのステップで状況が変化したからではないかと考えられる．

Step-1 ぼかしの基準値が低い状態である

Step-2 ぼかしが弱いため通知に気づかない

Step-3 通知に気づかないため姿勢が矯正されない

Step-4 姿勢が矯正されないためにぼかしの基準値が上昇する

Step-5 ぼかしが強くなったため通知に気付く

中期から後期にかけて姿勢が悪化した件については，以下の 4 つのステップで状況が変化したからではないかと考えられる．

Step-1 適切な姿勢が保たれる

Step-2 ぼかしの基準値が下降する

Step-3 ぼかしが弱いため通知に気づかない

Step-4 姿勢が悪化する

表 4.27 の「中期から後期」の値を参照すると,「ぼかしの基準値」が低下したことにより被験者の姿勢が再び悪化してしまったかのように読み取れる．表 4.27 の「初期から後期」の「比較結果」は 32.5%増加という結果が得られ，全体的には姿勢が矯正されたという結論が得られた．これは，中期に適切な姿勢を保ったことで初期より後期の方が適切な姿勢を保つ癖がついているのではないかと推測できる．

表 4.17 の発話回数の調査から,「ぼかしの基準値」を被験者の挙動で変化することで，確実に通知を認識させることが可能であると判明した．表 4.19 の「Q1 」の「「はい」と答えた人数 (90%)」から，90%の被験者が通知を認識したことがわかる．通知を認識しなかった被験者は 1 人である．この被験者とディスプレイの距離のログを参照したところ，実験開始から実験終了までほとんどの時間を適切な姿勢で過ごしている．そのため,「ぼかしの基準値」が上昇せずに，稀に通知が発生した時も弱いぼやけ度合いだった．実験終了まで強いぼかしが発生しなかったために，通知を認識しなかったのではないかと考えられる．

通知に対する印象については，被験者の中に「眼鏡を外した時のような感覚を受けた」と感想を述べているものがおり，本システムは視力低下のイメージを与えていると考えられる．

以上の結果から，長期的結果提示による通知手法の長所は通知が発生したことを認識しやすい点であると言える．一方，欠点としては．通知が発生している要因について伝わりにくいという点が挙げられる．アンケート結果によると，通知の発生は認識されてい

るが，通知が発生した原因や，通知が消える位置は理解されていない．そのため，通知によって適切な姿勢が導かれるとは言い難い．しかし，画面のぼやけを認識した全ての人が「ぼやけを消したい」と回答しており，画面のぼやけが消える姿勢をわかりやすく伝えれば，適切な姿勢を取るのではないかと考えられる．このように，提案手法による通知では，姿勢を矯正するモチベーションを産み出せるのではないかと考えられる．

両手法について考察を行った結果，それぞれの手法に長所・短所があることが判明した．ユーザが癖の発生を通知され，矯正するまでには以下の 3 つのステップがある．

Step-1 通知を認識する

Step-2 通知の意味を解釈し，現状からどのように行動すれば癖が矯正されるかを読み取る

Step-3 通知に従い，癖を矯正する

文字情報提示の場合は通知の意味の解釈が容易であり，現在の姿勢を認識させることができる．しかし，通知を確実には認識できず，認識しても通知に従わない．提案手法は通知の認識が容易であり，通知に従って姿勢を矯正したくなる効果もある．しかし，解釈が困難であり，取るべき姿勢を伝えることができていないと考えられる (表 4.28)．通知の意図が伝わりづらい原因として，ユーザがディスプレイに近づきすぎた時も遠ざかりすぎた時も同じ通知を与えていたことが考えられる．ディスプレイに近づきすぎても遠ざかりすぎても画面が同じようにぼやけるため，被験者はディスプレイから遠ざかるべきなのか近づくべきなのかを判断できなかったのではないかと考えられる．例えば，近づきすぎた時は画面がぼやけるが，遠ざかりすぎた時は画面がより一層シャープになるといった手法で通知を分けることで，ユーザは自分が今ディスプレイに近づきすぎているのか/遠ざかりすぎているのかを判別できるのではないかと考えられる．

表 4.28: 各通知手法ごとの効果

	文字情報提示	長期的結果提示
通知を認識する	×	○
通知の意味を解釈する	○	×
通知に従う	×	○

4.7 まとめ

本章で述べた長期的結果を意識させる手法では，癖の発生時に長期的結果を擬似的に体験させるシステムを開発した．提案システムでは，ユーザの姿勢が変化するとディスプレイの表示がぼやける．表示内容のぼやけによって，姿勢悪化の長期的結果である視力悪化を擬似的に経験させる．4.4.2 項で述べた方法でタスクへの影響を調査した結果，4.5.1 項

で得られたように提案手法は作業効率に影響を与えないことが明らかになった．4.4.3 項で述べた方法で癖の矯正効果を調査した結果，4.5.2 項で得られたように提案手法は作業中でも認識しやすく、通知に従いたいという動機も産み出すという長所を持つことが明らかになった．一方で，何故通知が出ているのか，通知が求めている正しい姿勢とは何かがわかりにくいという短所も持つ．癖の発生の仕方を更に細かく分類し，それぞれに対して別の通知を用意することで，通知の意図が伝わりやすくなり，提案手法による癖の矯正が可能であると考えられる．この手法によって以下のことが判明した．

- 長期的結果の提示による通知は作業を遮断しない
- 提案手法による通知は認識しやすい
- 提案手法による通知は癖を矯正する動機を生み出す
- 提案手法による通知は通知の意図が伝わりにくい
- 癖の発生の仕方によって別の通知を与える必要がある

第5章　まとめ

本稿では作業中に発生する癖を矯正する手法を取り扱った．1.1 節で述べたように，癖は無自覚に発生するため矯正には第 3 者からの通知が必要である．癖の発生を通知する際，作業を遮るように通知を与えた場合，癖は確実に矯正されるが，作業が中断されて能率が低下してしまう恐れがある．作業を中断しないようにさりげなく通知を与えた場合，作業の遂行に支障はでないが，通知を無視して癖を矯正しない恐れがある．作業の能率を維持したまま癖の矯正を促すには，通知が作業を遮らず，その上で確実に認識できるようなものである必要がある．

2.1 章で述べたように，上記の条件を満たすような癖の矯正手法は数個提案されている．癖の原因を排除する手法や，矯正へと繋がる行動を連想させる手法，どのくらい癖が矯正できたかを競わせる手法などがある．現在までの提案の中で，単純に癖の発生を通知する手法と，癖を直さなかった場合の長期的な結果を意識させるような手法は無い．どのような手法がどのような状況に適しているかを確かめるために，まだ提案されていない手法について検討する必要がある．本稿では，癖の発生を通知する手法と長期的結果を意識させる手法について，VDT 作業中の姿勢悪化という癖を対象に検討する．

3 章で述べた癖の発生を通知する手法では，通知への対応中も作業を継続させる必要性と確実に通知を認識させる必要性を考慮して，ユーザが操作している時に受ける感覚の変化と姿勢の変化を連動させるシステムを開発した．ユーザの姿勢が変化すると，現在用いている入出力デバイスを推定して，設定を変更する．システムの使用感について 3.4 節で述べたようなアンケート調査を行った．3.5 節で得られたように，操作時における感覚の変化が VDT 機器の不調によるものなのか，通知システムによるものなのか区別がつきづらく，苛立ちを感じたという意見を得られた．このことから，癖の発生を通知する際にはどのような癖が発生しているのかを連想させることが必要不可欠であると言える．この手法によって，以下のことが判明した．

- 同じ変化でも画面を見る角度などの条件で認識しやすさが異なる
- 癖と関係のある変化でなければ，VDT 機器の不調など他の現象と混同してしまう

癖と関係のある変化ならば通知の意図が伝わるのではないかと考え，癖の長期的結果を擬似的に体験するような通知を提案した．4 章にて詳細を述べる．

4 章で述べた長期的結果を意識させる手法では，癖の発生時に長期的結果を擬似的に体験させるシステムを開発した．提案システムでは，ユーザの姿勢が変化するとディスプレイの表示がぼやける．表示内容のぼやけによって，姿勢悪化の長期的結果である視力悪化

を擬似的に経験させる．4.4.2 項で述べた方法でタスクへの影響を調査した結果，4.5.1 項で得られたように提案手法は作業効率に影響を与えないことが明らかになった．4.4.3 項で述べた方法で癖の矯正効果を調査した結果，4.5.2 項で得られたように提案手法は作業中でも認識しやすく、通知に従いたいという動機も産み出すという長所を持つことが明らかになった．一方で，何故通知が出ているのか，通知が求めている正しい姿勢とは何かがわかりにくいという短所も持つ．癖の発生の仕方を更に細かく分類し，それぞれに対して別の通知を用意することで，通知の意図が伝わりやすくなり，提案手法による癖の矯正が可能であると考えられる．この手法によって以下のことが判明した．

- 長期的結果の提示による通知は作業を遮断しない
- 提案手法による通知は認識しやすい
- 提案手法による通知は癖を矯正する動機を生み出す
- 提案手法による通知は通知の意図が伝わりにくい
- 癖の発生の仕方によって別の通知を与える必要がある

本研究では,「癖が発生したタイミング」と「癖の長期的結果が現れたタイミング」を意識した通知手法を提案した．前者の手法については，通知が作業を中断せずに確実に認識可能である事以外にも，癖と関係のある変化を通知として与える必要があることが判明した．後者の手法については，作業を遮断せず，認識されやすく，更に癖を矯正する動機付けも可能だが，通知の意図が伝わりづらいことが明らかになった．

本研究では VDT 作業時における姿勢悪化を対象に癖の矯正手法を検討した．今回取り上げた各手法を他の癖に応用し，どのような癖にどのような手法が有効なのかを明らかにしていく．

最後に，両手法とも明らかになった事もあるが，残った課題を解決して更なる検討を行う必要がある．以下に，解決すべき課題について述べる．

5.1 今後の課題

5.1.1 手法について

本研究では癖の矯正を目的とした通知システムについての調査を行った．癖を通知する手法は，癖が発生するステップと癖を矯正するステップの中の一点に重点を置いていると考えられる．その中で，手法が提案されていなかった「癖が発生したタイミング」と「癖の長期的結果が出たタイミング」を意識した手法を提案した．これにより，全てのステップから矯正手法が提案されたと言える．各手法間での比較を行い，どのような通知がどのようなシチュエーションに適しているのかを検討する必要がある．

5.1.2　システムについて

3 章で述べた癖の発生を通知するシステムでは，癖と関係の無い変化を与えた．そのために，癖の発生が通知されたのでは無く VDT 機器が不調になったのではないかという誤解を生んだ．癖が発生した時に，癖と関係のある変化を与えるシステムを作成する必要がある．例えば，VDT 作業時にユーザの姿勢が変化した際に，ユーザが前に傾くとディスプレイの表示内容が奥に傾き，ユーザが後ろに傾くとディスプレイの表示内容が手前に傾くといった変化で癖の発生を通知可能なのではないかと考える．

4 章で述べた癖の長期的結果を意識させるシステムでは，姿勢の悪化を対象に，ユーザがディスプレイに近づきすぎた時と遠ざかりすぎた時に同じ通知を与えた．そのために，近づきすぎて通知が発生しているのか/遠ざかりすぎて通知が発生しているのかを判断しづらい．近づきすぎているのか/遠ざかりすぎているのかといった，癖がどのように発生しているのかによって通知を分けることで，通知の意図を判断しやすくなるのではないかと考える．癖の発生の仕方によって通知を分けるよう通知システムを改造する．

5.1.3　評価について

4.4.3 節で行った実験では，全ての被験者が視力矯正を行なっていた．4 章で実装したシステムは姿勢に応じてディスプレイの表示内容をぼやけさせるというものであり，視力低下を擬似的に体験させるものである．今回は全ての被験者が視力矯正経験者であり，視力が悪いと視界がぼやけ，視力を矯正すると視界が元にもどるという事象を経験した者ばかりである．そのために，ディスプレイの表示内容がぼやけた時に，視力矯正器具を外したような感覚を受けたといった意見も得られている．1 回も視力を矯正したことが無い者は，視力が低下しているときはぼやけて見え，視力を矯正した時にくっきりと見えるという事象を経験したことが無い．そのような者でも，同じようにディスプレイの表示内容のぼやけから視力低下のイメージを得るかどうかは検証できていない．視力矯正の経験が無いものがシステムに対しどのような反応を示すか，検証をする必要がある．

第6章　謝辞

本論文の執筆にあたり，多岐に渡るご指導をしてくださり，私を導いてくださった金井先生に深く感謝の言葉を申し上げます．至らぬ私が無事に修士論文の執筆を終えるができたのは金井先生の教えがあったからです．本当にありがとうございます．また，副指導として鋭い指摘や温かい助言を下さった西本先生に深く感謝の意を述べさせて頂きます．中間審査において私が見落としている点をご指摘いただき，今後の方向性についてご提案いただきました宮田先生と神田先生に心から感謝致します．ご多忙な日々を送られている中，本研究の審査をしてくださる林先生に心より御礼申し上げます．杉原先生には副テーマに関して手厚いご指導をいただき，更に副テーマの枠を超えて様々なご指導をいただきました．誠にありがとうございます．研究の日々を互いに切磋琢磨し，励まし合いながら過ごした金井研究室の皆様に輝かしい未来があるようお祈り申し上げます．自らもお忙しいなか，快く実験への協力を承諾いただきました被験者の皆様への恩は一生涯胸に残します．研究のみならず授業，就職活動など数々の困難を共に乗り越えてきた同級生の方々が，これからも健やかに過ごし，皆様の力を存分に発揮できるような日々を送られますよう心からお祈りいたします．経済的なリスクを顧みずに大学院進学への許可を快く下さった両親に心から感謝いたします．

参考文献

[1] 村上 遥, 他, 危険アウェアネスのための不快なインタフェースの実装, インタラクション 2009,pp.141-142,2009.

[2] Maglio P. Paul,et al., Tradeoffs in Displaying Peripheral Information, CHI ’2000 ACM,pp.241-248,2000

[3] Harrison DD, Harrison SO,Sitting biomechanics part I: review of the literature, ,Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics ,22 ,9,1999, p. 594-609

[4] 厚生労働省，社会福祉施設における安全衛生対策マニュアル〜腰痛対策と KY 活動〜，2009，p.25-99

[5] 四宮 加容，パソコン等使用による健康障害 (IT 眼症)，四国医誌，62,3,4,2006, p.120-122

[6] 小杉 勝己, 永池 俊也, 遠田 敦, 樫村 奈美, 横田 善夫, 岡 正俊, 石川 弘二, 生原 悟, 林田 和人, 渡辺 仁史, 5001 VDT 作業における着座姿勢の時系列変化に関する研究 (建築計画), 研究報告集 II, 建築計画・都市計画・農村計画・建築経済・建築歴史・意匠 (74) p. 1-4,2004

[7] 杉山尚子, 行動分析学入門, 集英社,2005

[8] Harrison Chris, et al., Lean and Zoom: Proximity-Aware User Interface and Content Magnification, CHI 2008 Proceedings, pp.507–510,2008

[9] 東川 知生, 山本 景子, 倉本 到, 辻野 嘉宏, デスクワーク時における瞬目に基づく疲労蓄積の検出と適切な休憩タイミングの提示, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション（HCI）,2012-HCI-146 ,1,p.1-6,2012

[10] Christoph Obermair and Wolfgang Reitberger and Alexander Meschtscherjakov and Michael Lankes and Manfred Tscheligi,perFrames: Persuasive Picture Frames for Proper Posture,Persuasive Technology Third International Conference,PERSUASIVE 2008,128-139,2008

[11] Magy Seif El-Nasr, Lisa Andres, Terry Lavender, Natalie Funk, Nasim Jahangir, and Mengting Sun. IgnitePlay: Encouraging and Sustaining Healthy Living through Social Games. International Games and Innovation Conference, 2011.

[12] 宗官 祥史, 稲川 暢浩, 品川 徳秀, 江木 啓訓, 藤波 香織, 危険情報の提示による化学実験の安全技術向上支援原理の基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2010,2010.

[13] D Lombard, T E Neubauer, D Canfield, R A Winett , Behavioral community intervention to reduce the risk of skin cancer. , Journal of applied behavior analysis 24.

[14] Stafford Tom,Webb Matt, 夏目大, MIND HACKS, オライリー・ジャパン,pp.159-161,2005.

[15] 高橋 ひとみ,「箸の持ち方」「鉛筆の持ち方」と 「姿勢」と「視力」の関連, 桃山学院大学総合研究所紀要,30(2),pp.1-11,2003.

[16] Microsoft,Kinect, http://www.xbox.com/ja-JP/kinect(参照-2011-8-24)

[17] 厚生労働省，新しい「ＶＤＴ作業における労働衛生管理のためのガイドライン」の策定について，2002

[18] 田村秀行, コンピュータ画像処理, オーム社,p.111-112,2002

[19] 田村秀行, コンピュータ画像処理, オーム社,p.194-195,2002

[20] 高橋 憲一, 鈴木 重男, 視標追跡動作時にみられる目と頭の協調運動理学療法学 14 (1) p. 27-32,1987

[21] Wikipedia,http://ja.wikipedia.org/wiki/(参照-2012-02-03)

発表論文

[1] 菊川真理子, 金井秀明, 作業の継続と振る舞いの矯正の両立を目的とした通知手法, 第13回知識科学シンポジウム,2010.11.14,(査読無)

[2] 菊川真理子, 金井秀明, 作業の継続と振る舞いの矯正の両立を目的とした通知手法, 第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ,p.171-173,2010.12.2,(査読無)

[3] 菊川真理子, 金井秀明, タスクへの集中維持と癖の矯正促進を両立する情報通知手法の提案, グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2011 論文集,p.53-58,2011.11.11,(査読有)

[4] 菊川真理子, 金井秀明, タスクへの集中維持と癖の矯正促進を両立する情報通知手法の提案, 第14回知識科学シンポジウム,2011.11.13,(査読無)

[5] 菊川真理子, 金井秀明, 行動の長期的結果提示による癖の矯正効果の検討, インタラクション2012,2012.3.16,(査読有)