

卒業論文 2012年度 (平成 24年度)

CARNA :
デスクワーク時における姿勢矯正手法の提案

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

高汐 一紀

Rodney D. Van Meter III

植原 啓介

三次 仁

中澤 仁

武田 圭史

慶應義塾大学 環境情報学部

小鷲 麻奈美

core@ht.sfc.keio.ac.jp

CARNA： デスクワーク時における姿勢の矯正手法の提案

論文要旨

本研究では作業を阻害しないデスクワーク時の姿勢矯正システム「CARNA」を提案する。CARNAはユーザの姿勢が悪さに応じてフィードバックを与えることで、ユーザに自身の姿勢を意識付ける。CARNAを使用することで、ユーザは自身の姿勢の状態を継続して認識することができ、その結果姿勢の矯正効果が期待できる。

CARNAを使用するユーザは、デスクワーク中、歪んだ姿勢を検知するための小型デバイスを首に装着する。このデバイスはユーザの姿勢状態を、内蔵する加速度センサ及び角速度センサの値に基づいて計測し、計測結果からユーザの姿勢が歪んでいるか検知する。デバイスが不良姿勢を検知すると、ユーザが作業中のPCにフィードバックを行い、ユーザに対して姿勢の矯正を促す。フィードバックはユーザの姿勢の歪みの深刻度に応じて強度を変えることでユーザが、自己の歪みの程度を認識することができる。

ユーザに対して継続的にフィードバックを与え続けることは、ユーザの行動を頻繁に妨げてしまうことに繋がる。そのため、環境に溶け込まないフィードバックを用いた矯正システムは「ユーザにとって優しくない」システムとなってしまう。そこでCARNAではユーザの不良姿勢フィードバック手法にユーザのデスクワークを妨げない手法を選定し、ユーザが不良姿勢となる度にフィードバックを与えても、ユーザの行動を妨げない、「ユーザに優しい」システムを目指す。

本研究ではCARNAにふさわしいフィードバックの比較を行った。本研究で比較検討したフィードバックは画面照度の変化、作業画面の拡大縮小、振動の計3種類である。これらのフィードバックは、CARNAがノートPCでの作業を想定していることから、想定する作業環境に溶け込むと期待されるものを選んだ。また、ユーザの姿勢の歪み度合いに応じてフィードバックに強弱をつけることにより、ユーザは作業を阻害されず、自然な矯正を得ることができる。

本論文では姿勢矯正システムCARNAを構成する、デバイスとフィードバックアプリケーションの手法及び設計、実装を示す。そしてCARNAを用いて、デバイスの姿勢検知精度とフィードバックの有効性とユーザへの非妨害性を評価する。

キーワード

姿勢, 矯正, ウェアラブルデバイス, ヒューマンセンシング, フィードバック

慶應義塾大学 環境情報学部

小鷲 麻奈美

Abstract of Bachelor's Thesis Academic Year 2007

CARNA: Detecting and Correcting Bad Posture on Deskwork

Summary

In this study, we propose a posture correcting system for deskwork called "CARNA". CARNA monitors a user posture continuously and gives feedback when the user had a bad posture. influence. The monitoring feedback loop enables the user to pay attention to his posture continuously, resulting in the autonomic posture correction.

CARNA requires a small posture monitoring device attached to his neck at deskwork. The device monitors posture condition of a user by integrated accelerometer and gyro sensors. When it detects bad posture, it reports the condition to the user PC and urges the user to correct the posture. By changing strength of the feedback, user can realize his slouch level.

Excess feedback can interfere with a user's behavior. When such happens, the posture correction system is not user-friendly. information. The device has 4 feedback pattern. It was elected by a preliminary experiment. To prevent that happens, CARNA has selected a feedback methodology that will not interfere with the user's deskwork. It aims at a user-friendly system that will not interfere with user's behavior even when user was given a feedback at bad posture.

We have compared four kinds of feedback to use with CARNA. They are Display brightness, Change the screen resolution, and Vibration. These feedbacks were chosen such that they do not interfere with deskwork, as CARNA works with a note PC working environment. Feedback strength can be adjusted by the degree of bad posture. This will result such a user can continue his work without being interfered.

This paper will describe a design, methodology, and implementation of posture correcting system, CARNA, which consists of a wearing device and a PC-based feedback application software. Accuracy of posture measurement, validity of feedback, and non-interference to user work environment were evaluated.

Keywords

Posture , correct, Wearable Device, Human Sensing , Feedback

**Keio University Faculty of Environment and Information Studies
Manami Kowashi**

目次

第 1 章	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	1
1.3	本論文の構成	2
第 2 章	デスクワーク時の姿勢矯正手法	3
2.1	本研究の対象領域	3
2.1.1	デスクワーク時の姿勢	3
2.1.2	不良姿勢の定義	3
2.1.3	不良姿勢と疾患の関係性	3
2.2	既存の通知手法	4
2.2.1	振動による通知手法	4
2.2.2	マウスポインタを用いた通知手法	4
2.3	既存手法における問題点	5
2.4	機能要件	6
2.5	本章のまとめ	7
第 3 章	姿勢の矯正手法	8
3.1	システムの利用環境	8
3.1.1	システムの利用環境	8
3.1.2	利用シナリオ	8
3.2	姿勢矯正のためのアプローチの検討	9
3.2.1	作業場所に依存しない矯正	9
3.2.2	環境に溶け込んだ通知手法	9
3.2.3	姿勢に応じたフィードバック	10
3.3	アプローチ選定のための予備実験	10
3.3.1	評価実験の概要	11
3.3.2	被験者	11
3.3.3	実験環境	11
3.3.4	実験手順	11
3.3.5	アンケート項目	11
3.4	予備実験の結果	13

3.4.1	アンケート結果	13
3.4.2	予備実験の考察	14
3.5	アクチュエーションの決定	14
3.6	本章のまとめ	15
第4章	CARNA：システムの設計と実装	16
4.1	システムの概要	16
4.2	不良姿勢検知モジュール	16
4.2.1	センサの選択と姿勢の計測	16
4.2.2	デバイスの装着位置	18
4.2.3	適正値の設定方法	19
4.2.4	不良姿勢の検出方法	19
4.3	フィードバックモジュール	19
4.3.1	照度によるフィードバック	19
4.3.2	振動によるフィードバック	20
4.3.3	フィードバックの段階分け	20
4.4	システム構成	20
4.4.1	ソフトウェアの構成	21
4.4.2	ハードウェアの構成	21
4.4.3	姿勢検知のセンサ	21
4.4.4	実装環境	22
4.5	本章のまとめ	23
第5章	評価実験	24
5.1	実験環境	24
5.1.1	評価方針	24
5.1.2	被験者	25
5.1.3	実験環境	25
5.1.4	実験手順	25
5.1.5	定量的評価の手法	26
5.1.6	アンケートの項目	27
5.2	評価実験結果	28
5.2.1	姿勢検出の精度	28
5.2.2	アンケート結果	28
5.2.3	考察	28
5.3	本章のまとめ	29
第6章	結論	30
6.1	今後の展望	30
6.2	本論文のまとめ	30

参考文献	33
付録 A 予備実験時の被験者対象アンケート	34
付録 B 本実験時の被験者対象アンケート	35

目次

1.1	デスクワーク	2
2.1	デスクワーク時の姿勢	4
2.2	関連研究：The Posture Suspenders	5
2.3	関連研究：A Vibrotactile Feedback Approach to Posture Guidance	5
2.4	既存研究：マウスチェア -restless- ([9] より引用)	5
2.5	既存研究：癖の矯正を目的とした通知手法の提案 ([13] より引用)	5
3.1	システムの利用環境：デスクワーク	9
3.2	予備実験：実験の様子	12
3.3	予備実験：被験者が使用するアプリ	12
3.4	予備実験：設問 1.1	14
3.5	予備実験：設問 1.3	14
3.6	予備実験：設問 1.4	14
3.7	予備実験：設問 2	14
4.1	圧電振動センサ回路図	17
4.2	首に装着した際の Z 軸加速度	18
4.3	後頭部に装着した際の Z 軸加速度	18
4.4	不良姿勢検出の角度	19
4.5	フィードバック：照度	20
4.6	ソフトウェア構成	21
4.7	ハードウェア構成	22
4.8	姿勢検知のセンサ	22
4.9	装着イメージ	22
4.10	センサの回路図	23
5.1	本実験：実験の様子	25
5.2	本実験：被験者が使用するアプリ	26
5.3	姿勢検知側のアプリ	26
5.4	実験時のビデオ撮影	27

表目次

2.1	既存手法の利点と問題点	6
3.1	ユーザへの通知の比較	11
3.2	アンケート項目：アクチュエーションについて	13
4.1	加速度センサと角速度センサの比較	17
4.2	通知の比較	23

第 1 章

序論

本章では、はじめに本論文における背景を述べる。ついで、本論文における目的と目的を達成する為の機能要件を説明する。最後に本論文の構成を示す。

1.1 本研究の背景

猫背などの歪んだ姿勢の症状は、成長期を終えた大学生の約 6 割が抱えている問題である [8]。猫背は慢性的な腰痛や、それに伴う頭痛の大きな原因となるだけでなく、自立神経の不安定さを招くなど身体・精神疾患を引き起こす可能性が非常に高い。また、これらの疾患が引き起こす弊害として、起床時や午前中の体調の悪化、倦怠感や疲労感の増加、脳貧血の発症率の上昇、乗り物酔い、集中力・身体能力の低下など、日常生活に影響を生じさせる様々なものがあげられる。姿勢の歪みは、普段の生活習慣によって着実に形成され、露呈する。

歪んだ姿勢が引き起こす疾患はどれも日常生活に悪影響を与えるものである。それにもかかわらず、適切でない姿勢をとっている人が多い理由に、本人の無自覚が挙げられる。日常生活において、姿勢を意識した上で自分の姿を認識することは少ない。しかし、意識をし続けなければ、一度歪んでしまった場合、主観的に歪みの進行に気がつくことは難しい。そのため、自らが最も楽な姿勢を取り続け、背を傾斜させる癖がつき、自覚のないうちに猫背などの身体的な症状が生まれる。そうして目に見える障害の形となってようやく自らの姿勢の悪さに気づく。こうなってしまうと、ここまで症状が進んだ場合、個人での矯正は方法が限られているため難しい。市販されている姿勢矯正のための器具を用いても、それらは長時間かつ長期間の着用が必要であり、対効果測定結果を即時に目で見ることができない。よってユーザが器具を装着し続ける動機付けが上手くいかず、姿勢改善にまで至るのは困難である。こうした現状に対し、歪んだ姿勢をとらないためには、常に人間の状態を計測し、姿勢状態を把握した上で、適切な姿勢を癖づけるよう促す必要がある。日々の生活を正しい姿勢で過ごすことは、人間にとって重要な事項であり、その人自身の生活の質を向上させるためには欠かせない。

1.2 本研究の目的

本研究では、ユーザのデスクワーク時の姿勢を取得し、適切でない姿勢が検知された場合、矯正を目指したフィードバックを行うシステムを提案する。本研究では、特に図 1.1 のようなノートパソコンを用いたデスクワークについて着目する。ユーザの姿勢はウェアラブルデバイスを装着することによってリアルタイムでセン

シングされ、姿勢の歪みが検知された場合、その歪みに応じて姿勢改善を促す適切なアクションが実行される。日々の姿勢を良い形にすることで、ユーザの精神・身体的負担を軽減させ、心身ともに良好な状態となるよう働きかける介助を行うことができるシステムの構築を行う。



図 1.1 デスクワーク

1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含め全 7 章から成る。本章では、本論文における背景と問題意識、目的を述べた。第 2 章では、本論文における姿勢の矯正手法を、先行研究を紹介しつつ整理する。そして、この手法における問題意識を洗い出し、機能要件を導く。第 3 章では、本論文における姿勢矯正手法の機能要件を満たすフィードバック方法についてその検討と提案を行う。第 4 章では、センサデバイスの設計及び動作概要、実装について述べる。第 5 章では、本システムの評価実験について、その手法・評価方針を述べる。第 6 章では、本論文の結論と今後の展望について述べる。

第2章

デスクワーク時の姿勢矯正手法

本章では、はじめに本論文における矯正の対象について整理し、その上で歪んだ姿勢である不良姿勢の定義について述べる。その後、本矯正手法における機能要件を3つ挙げる。続いて、既存の矯正手法を3つに分類し、それぞれの問題点及びその要因を述べる。

2.1 本研究の対象領域

本説では、本研究で矯正の対象とする姿勢について述べる。

2.1.1 デスクワーク時の姿勢

本研究では、ノートパソコンを用いてデスクワークをしているユーザの作業時の姿勢を矯正の対象とする。この際、ユーザは椅子に座った上でデスクに向かっているものとする。デスクワーク時は意識が作業に向いており、姿勢の歪みを自覚することは難しい。そこで、本研究で提案するシステムによってユーザの姿勢を観測し、矯正のためのフィードバックを行う。また、ユーザの作業を阻害しないよう、その作業環境に溶け込んだアクチュエーション方法を確立することを目的としている。

2.1.2 不良姿勢の定義

本論文において、適切でない姿勢を指して不良姿勢という。不良姿勢というものは上半身が傾斜し、パソコンの画面に向かって適切でない角度で向かっている姿勢全てを呼称する。この場合の適切でない姿勢というのは、図 2.1 は、実際のデスクワークをしている人の写真だ。

また、本研究では様々な歪んだ姿勢それぞれに対して適切な姿勢を提示するのではなく、正しい姿勢を維持するという観点から姿勢の矯正を行う。

2.1.3 不良姿勢と疾患の関係性

適切でない姿勢は、身体・精神的な疾患の原因となりやすい。筑波大学大学院の**ら [14] の研究では、姿勢とパフォーマンスの関係性について述べられている。矯正姿勢と通常姿勢の他に、「良い姿勢をとる」ことを意識させた意識姿勢と、矯正姿勢と意識姿勢を組み合わせた矯正意識姿勢、また、作業姿勢としての悪い姿勢である怠惰姿勢いずれの姿勢も、作業効率と関係性があった。外的な矯正だけでも良い影響を与え、パ

パフォーマンスがあがると述べられている。

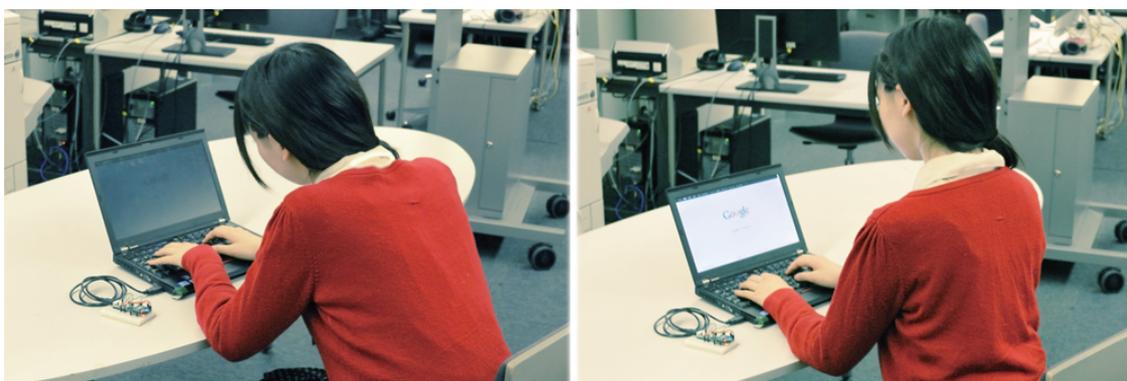


図 2.1 デスクワーク時の姿勢

2.2 既存の通知手法

本節では、既存の矯正のための通知方法を順に挙げる。次に、それらの通知手法の問題点とその要因を考察する。

2.2.1 振動による通知手法

音や振動による通知は、矯正を目的とした手法としてはごく一般的なものである。カーネギーメロン大学サスペンダー型のデバイス「Posture Suspenders」は、ユーザの姿勢を伸縮性の導電布によって検知している。ユーザの姿勢が歪んだ場合は、サスペンダーデバイス自体に縫い付けられた振動モータが作動することによって通知を行う [5]。しかし、アクチュエーションが振動しかないため、ユーザは自らの姿勢の歪みの深刻さを認知できない。

イェール大学のジョン教授ら [7] は、椅子自体に振動モータを取り付けた。この椅子は、アーロンチェアを改造して作られたものであり、あらかじめ作業するに最適な環境を用意している。もしユーザが正しい姿勢から歪んだ場合、「肩」「腰」「足」に設置された振動モータが注意を促す。これらの振動は、姿勢の歪みが見られている箇所に対して実行される。しかし、アーロンチェアは高額なため日常的に使用できない。振動によるアクチュエーションは、ユーザに対してダイレクトな通知を行うことができる。利点として、アクチュエーションとしては非常に強く、矯正度が高いことが挙げられる。一方で、自らの意図しないタイミングで音や振動が作動するため、ユーザの作業に割り込んでしまう。デスクワーク時にも関わらず思考を中断させてしまうなどの懸念がある。

2.2.2 マウスポインタを用いた通知手法

カーソルを用いた通知手法とは、ユーザが使用しているコンピュータのマウスポインタに動きを与え、それによってユーザに通知を行う手法である。

北陸先端科学技術大学院大学の菊川（図 2.5）らは、姿勢に応じてカーソルの速度を遅くするフィードバッ

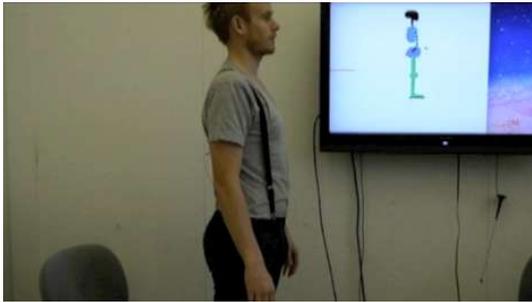


図 2.2 関連研究：The Posture Suspenders



図 2.3 関連研究：A Vibrotactile Feedback Approach to Posture Guidance

クを行った。姿勢の歪みが検知された場合、カーソルの反応速度を遅くする。しかし、ユーザは自分の姿勢がどの程度歪んでいるのかを具体的な数値として認知できず、また、正しい状態であっても知ることができない [13]。

東京大学の宮下ら ([9]) は、椅子に圧力センサを取り付け、ポインティングデバイスとした。システムのイメージを 2.4 にあげる。このポインティングデバイスは、ユーザの重心移動によって操作される。不自然な重心移動がみられると、姿勢の歪みとして検出される。歪みと同様の方向へ余分にマウスポインタは動き、ユーザは自らの姿勢を自覚する。そのため、ユーザは正しい方向へマウスカーソルを動かすために、自らの姿勢を正しくしようと無意識のうちに修正し続ける。しかし、椅子そのものをポインティングデバイスとしているため、ユーザはマウスを操作するために常に重心を移動させる必要があり、結果正しい姿勢を癖付けることが困難である [9]。

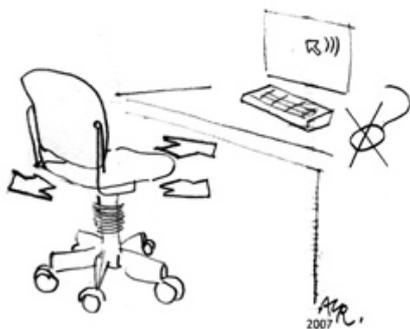


図 2.4 既存研究：マウスチェア -restless- ([9] より引用)

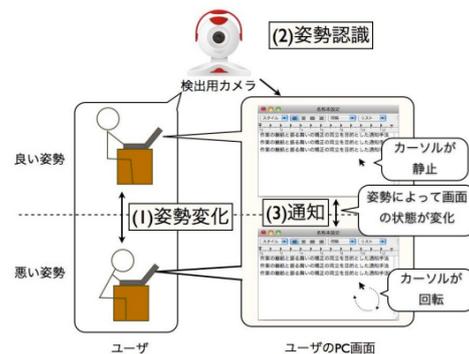


図 2.5 既存研究：癖の矯正を目的とした通知手法の提案 ([13] より引用)

2.3 既存手法における問題点

本節では、前節で述べた矯正を目的とした通知手法への取り組みを踏まえ、次の 2 つの問題点とその要因について整理する。まず、既存の通知手法である「振動」と「ポインティングデバイス」を表 2.1 にあげた。

表 2.1 既存手法の利点と問題点

	矯正の強度	通知の柔軟度	利便さ	作業環境への適応性
振動	×			
マウスポインタ		×	×	

以下で、この表の説明を行う。

不良姿勢度合いの認知

既存の手法では、ユーザ自身は今どの程度姿勢が傾斜し、歪んでいるのかを認知できない。アクチュエーションは姿勢の歪みによって左右されるものではなく、その歪みが深刻であっても、実行されるアクチュエーションに差はない。そのため、姿勢をどの程度正せばいいのかユーザは判断できず、適切な矯正に繋がらない。また、アクチュエーション自体に気がつけぬユーザも評価実験中では少なかつた [10]。ユーザがアクチュエーションによって自らの歪み度合いを客観的に認知するには、アクチュエーションを複数種類設定する必要がある。

作業環境への適応性

既存の手法には、その場所でしか用いることができない検知もしくは通知を行なっているものがある。たとえば、椅子にセンサを埋め込んでいる場合や、デスクトップパソコンとユーザの距離から姿勢を検知している場合だ。デスクワークは、自分のデスクのみでなく、気分転換にカフェや他のデスクに移動することもある。そうした背景から、作業環境に違いがあっても、姿勢の検知及び通知を行うことができる必要がある。

矯正と作業効率の両立

矯正と、作業効率の両立は、本システムを考えるにあたって欠かせない。本研究はデスクワーク時の姿勢を対象としているため、矯正よりも作業効率を優先しなければならない。しかし、既存研究では作業効率と姿勢の矯正は切り離されて考えられている。姿勢の矯正には、継続的なリアルタイムでの通知が求められる、ユーザに無意識的に正しい姿勢を維持するよう働きかける必要がある。

2.4 機能要件

本節では、前章で述べた問題意識を踏まえ、作業中のユーザの姿勢から歪みを検知し、適切なフィードバックを行うための要件を述べる。本論文における機能要件として、作業場所を限定しない検知手法、姿勢のリアルタイムセンシング、ユーザの作業を阻害しないための矯正手法の3つを提案する。

作業場所を限定しない検知手法

デスクワーク作業は、例えば研究室で自らのデスクで行うだけでなく、別の場所、例えば自宅や外出先で行うことがある。そのため、環境に依らない姿勢検知が必要となってくる。本システムでは、

ウェアラブルデバイスを使い，ユーザの姿勢をデバイスに搭載したセンサを用いて計測する．それによって，ユーザは場所を限定せず任意の環境で，本システムを使用することが可能となる．

姿勢のリアルタイムセンシング

前章や前節で述べた通り，不良姿勢はユーザの上半身が徐々に傾斜することによって本人が認知しないうちに発生する．そのため，作業中のユーザの姿勢は常時計測し，歪みを検知する必要がある．そこで，前項で述べたウェアラブルデバイスを用いてリアルタイムでセンシングを行い，常にユーザの姿勢を観測し，分析する．

ユーザの作業を阻害しない矯正

矯正手法として，姿勢が歪んだ際，即座にユーザにその旨を通知する手法を採用する．ただし，ユーザがデスクワーク中であることから，その作業を阻害しない工夫をする．不良姿勢が検知されると，ユーザにアプローチとしてなんらかの手段で通知が送られる．それを繰り返すうちに，ユーザが無意識的にアプローチを避けるために正しい姿勢を維持させることを目的とする．

2.5 本章のまとめ

本章でははじめに，本論文において対象とする姿勢の定義について述べた．次に既存の矯正を目的とした通知手法について挙げ，つづいてそれらの問題の要因について考察した．最後に，姿勢の矯正手法に必要な機能を要件としてまとめた．

第 3 章

姿勢の矯正手法

本章では、前章で定義した不良姿勢を矯正する、具体的な手法について考察する。はじめに、想定される利用シナリオについて述べる。ついで、矯正のためのフィードバック方法について、複数の手法で検討する。また、アプローチを選定するための予備実験を行い、そこから実際にデバイスが行うアクチュエーションを決定する。最後に、本システムが使用するアクチュエーションについてまとめ、前章で整理した機能要件を元に本研究の矯正手法の有用性について述べる。

3.1 システムの利用環境

本節では、前章までの流れを踏まえた上で本研究の概要を実際の利用例と共に挙げる。

3.1.1 システムの利用環境

本研究で扱う姿勢は、ノートパソコンを用いてデスクワークをしている場合に限定する。ユーザは椅子に座っており、ノートパソコンはデスク上に置かれている。今回は、デバイスを用いて環境に溶け込んだアプローチを行うという目的から、ノートパソコン以外のデスクワーク全般は対象としない。図 3.1 に、実際のイメージを挙げる。

3.1.2 利用シナリオ

本節では、実際の想定される具体的な利用シナリオを挙げる。システムを利用した場合と、しなかった場合の利用シナリオをそれぞれ述べる。

想定シナリオ：A さんの場合

猫背を度々指摘される A さんは、デスクワーク時の姿勢が悪い。仕事柄ノートパソコンの長時間の使用は避けられず、それが上半身の傾斜と、姿勢の歪みの原因となっている。そこで、本システムを利用した。A さんは無意識下で自然な姿勢を心がけるようになり、やがて普段の姿勢も改善された。

想定シナリオ：B さんの場合

B さんはデスクワーク時の姿勢が悪い。本人も自覚はしていたが、治す方法がわからずそのままにし



図 3.1 システムの利用環境：デスクワーク

ていた。そのため悪い癖となってしまう、症状が歩行時の猫背となって顕れた。

以上、本システムを利用するにあたって想定される具体的なシナリオ例を挙げた。2人ともデスクワーク時の姿勢が悪く、癖付いている。これを治すには定期的な意識付けが必要である。Aさんは、本システムを用いた上で作業をしながら自然に猫背が軽減された。それは、通知手法が作業効率を低下させるものではなく、自然な形でアプローチを受けることができるからである。

3.2 姿勢矯正のためのアプローチの検討

本節では、前章で紹介した既存の矯正手法を踏まえ、その上でフィードバックについて検討する。前章まで述べてきた機能要件をもとに、作業場所に依存しない矯正の方法と、また、フィードバックの具体的な手法として、「照度変化」「画面の縮小」「振動」を提案する。

3.2.1 作業場所に依存しない矯正

不良姿勢が癖づいている場合、ユーザへの継続的な矯正の働きかけが重要である。本システムは作業環境に限定されないものとする。例えば、オフィスであっても、自宅であっても、同一のアプローチを受けることができる。そのために、姿勢の取得にウェアラブルデバイスを使用する。データ通信は無線で行い、デバイスとは別に受信部をノートパソコン側に付ける。こうすることで、ユーザは作業場所がどこであってもデバイスを装着し、姿勢の矯正を試みる事が可能だ。

3.2.2 環境に溶け込んだ通知手法

本システムは作業中の使用を前提としているため、デスクワークの過度な妨げとならない通知手法が必要である。そのため、通知手法はそのデスクワーク時の環境にあったものを使用する。ここで、ユーザの作業へ干

渉をする「通知強度」を考察し、フィードバックを検討する。

3.2.3 姿勢に応じたフィードバック

前章で触れたように、アクチュエーションは思考の阻害をしないために、作業環境に溶け込んだ形でユーザへ通知を行う必要がある。ユーザはアプローチによって姿勢の歪みに気付かされるのではなく、アプローチがユーザの作業環境に僅かな差異となって顕れる。ユーザはその変化に自ら気づき、アプローチが実行されないよう姿勢を維持する。

照度変化によるユーザ通知

この手法は、ユーザが使用するノートパソコン全体の照度を変更することによって実現される。照度は段階ごとに変化し、姿勢の歪みに対し徐々に暗くなる。ゆるやかに通知を強めていくため、ユーザの集中力を低下させない。また、画面全体を用いたアクチュエーションであるため環境に溶け込み、自然な形でユーザは自分の不良姿勢を認知することができる。一方で、ディスプレイの照度は非常に些細な変化であり、ユーザが作業に集中していた場合、アクチュエーションに気がつくことができない。他に、ディスプレイが暗くなった際、ユーザがよりよくディスプレイを見ようと上半身を歪ませてしまう懸念がある。

画面の倍率によるユーザ通知

この手法は、ユーザが使用しているアプリケーションの、解像度を変更する。変更する速度は急に切り替わるのではなく、ユーザと画面間の距離に応じて画面の大きさが変化する。等倍サイズの画面状態を維持するためには、正しい姿勢を維持する必要がある。ユーザは作業を続けるため、認識しないうちに維持し続ける効果があると考えられる。画面の倍率変化と先にあげた照度変化と比較すると、より明確に変化が現れるため、通知強度は高く、ユーザは作業を続けながらその通知に即座に気がつく。一方で、例えば文字列など、直前まで目で捉えていた映像が他の場所に移動してしまうため、ユーザの集中力が途切れてしまう可能性が高い。

振動によるユーザ通知

この手法は、センシングのために装着しているデバイス自身が振動することにより、ユーザに通知するものである。姿勢の歪みが検知されると、短い一定の時間、振動が起こる。振動は、ユーザへ確実に姿勢の歪みを通知することができる。通知の強度が高いのは、デスクワーク時の環境を変えることで通知を行うのではなく、新しい要素として行うためである。しかしその一方で、作業の阻害となってしまう懸念がある。

以上、今回通知手法として利用するアプローチを挙げた。それぞれの特徴を、表 3.1 にまとめる。

3.3 アプローチ選定のための予備実験

本章では、適切なアプローチを選定するための予備実験について述べる。まず評価実験の概要、目的について説明し、その後被験者と実験環境の条件について述べる。続いて実験手順を追い、最後に実験の評価手法と

表 3.1 ユーザへの通知の比較

	ディスプレイの使用	変化の対象	通知の強度
照度変化		アプリケーション照度	弱
画面の変化		アプリケーション解像度	中
振動	x	ウェアラブルデバイス	強

して選択するアンケートの内容について述べる。

3.3.1 評価実験の概要

この実験は、フィードバックとしてのアクチュエーションの有効性とその通知強度を調べる目的で行う。通知手法としての純粋な効果測定とフィードバックの認知性を重視するため、姿勢の取得及び不良姿勢の検知とは行わない。アクチュエーションそれぞれの、認知性及び集中力への影響を、アンケートによって定性的に調査する。実験時に行うアプローチは、前節で述べたアプローチのうち、姿勢矯正のための通知手法である 1) 照度変化、2) 画面の倍率変化、3) 振動の3つとする。

3.3.2 被験者

予備実験の被験者は、20代男性10人である。被験者は、研究室の所属者から無差別に選出した。この実験の被験者は、主に大学の研究室に所属する生徒であるため、20代の被験者のみとなった。

3.3.3 実験環境

実験場所は、研究室にあるデスクで固定した。被験者は椅子に座り、作業用机にノートパソコンを置いた状態で作業しているものとする。イヤホンの装着や携帯電話など、本実験に関係のない外的要素は排除した上で行う。図 5.1 に、実際の実験を行う様子をあげた。赤い丸で囲まれている場所に、ノートパソコン側のデータ受信機があり、また、黄色い丸で囲まれている箇所に本システムを中心であるウェアラブルデバイスがある。

3.3.4 実験手順

まず、被験者にはノートパソコンを用いて指定された文章の書き写しを行なってもらう。10分間の作業のうち、3つのアクチュエーションが順番に実行される。このとき実行されるアクチュエーションは、前節で提案した照度の変化、画面の倍率変化、振動である。また、実行するアクチュエーションの順番によって結果に差異が出ないように公平を期すため、被験者によってアクチュエーションの順序はランダムとした。実験終了後、アンケートによって評価を行う。図 3.1 は、ユーザが使用する実験用のアプリケーション図である。

3.3.5 アンケート項目

予備実験は、アンケートによって評価される。被験者に記入してもらうアンケートの設問項目を以下に示し、その意図について説明する。



図 3.2 予備実験：実験の様子

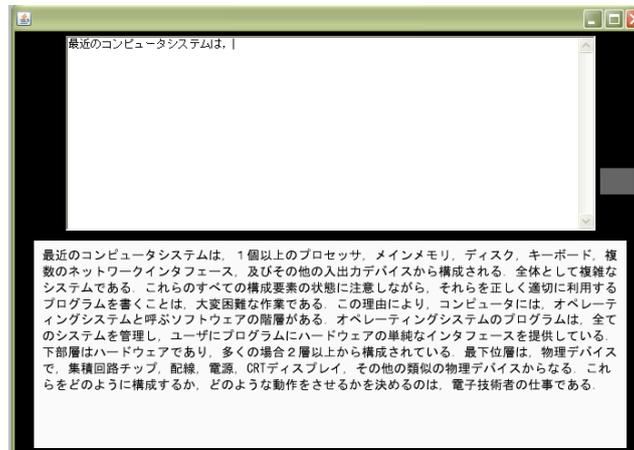


図 3.3 予備実験：被験者が使用するアプリ

—— デスクワーク中の姿勢について ——

1. 自分の姿勢を矯正したいと考えていますか
2. 作業中、自分の姿勢の悪化を感じたことはありますか
3. 作業中、腰や肩の痛みを感じることはありますか
4. 悪い姿勢は、腰以外にも頭痛などの悪影響があることを知っていますか

—— デバイスについて ——

1. デバイスの装着を不快に感じましたか

アクチュエーションについて

1. アクチュエーションに気が付きましたか
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか

アンケートは以上である。また、一番最後に自由記述欄を設けた。

各設問の意図を説明する。まず、1つ目の項目のデスクワーク中の姿勢について説明する。項目内の各設問は、設問2が「よくある」「たまにある」「わからない」「考えたことがない」の5択とし、その他設問1, 3, 4は2択とした。この項目は、デスクワーク中の姿勢についてどの程度関心があるのかを調べる目的がある。続いて2つ目の項目デバイスについて説明する。この項目は、ネックウォーマー型のデバイスがユーザの作業に影響を与えない形かを調べる。最後の項目であるアクチュエーションについては、予備実験中に実行したアクチュエーションの、その通知の強度を調べる為のものである。ユーザが、集中力が途切れたと感じたものは通知強度が高く、また、そう感じなかったものは通知が弱いとかがえられる。設問1, 2は「感じた」「感じない」の間の10段階で評価し、各アクチュエーションごとに回答する。

3.4 予備実験の結果

本節では、前節で行った予備実験の結果について述べる。まずはじめに、アンケートの集計結果について示し、さらにそこからユーザビリティ及びフィードバックの有効性について考察を行う。

3.4.1 アンケート結果

アンケートの結果について、順に述べる。まず項目1の設問1.1で自分の姿勢を矯正したいと考えている人は100%だった。次の設問1.2では過半数が作業中の姿勢の悪化を「感じたことがない」「あまりない」と答えた。設問1.3は70%がデスクワーク中、肩や腰の痛みを感じるがあると答えた。設問1.4は、悪影響を認知している人は半数と、自らの姿勢を矯正したいと考える一方で、矯正しない場合の影響までは知らない人が多い。次に、項目2に移る。今回、デバイスの装着を負担だと感じた人は全体の40%とやや高かった。次に、項目3について述べる。まず、予備実験で用いた3つの「振動」「画面の倍率」「照度変化」アクチュエーションのうち、「画面の倍率変化」が最もアクチュエーション実行時に集中力が途切れたと感じた人が多く、10段階評価の平均をとると7.6と非常に高い数値になった。「振動」と「照度変化」にはあまり差が見られず、それぞれ3.9と4.6となった。

表 3.2 アンケート項目：アクチュエーションについて

	アクチュエーションの認知	集中力への干渉
振動	80 %	3.89
画面の倍率変化	100 %	7.6
照度	90 %	4.6

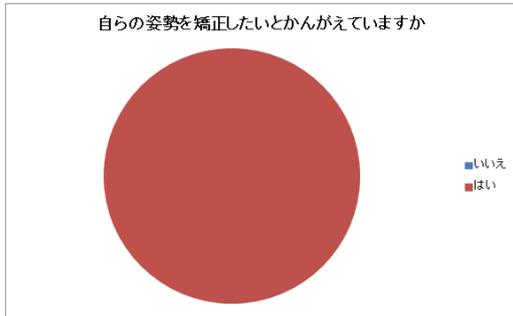


図 3.4 予備実験：設問 1.1

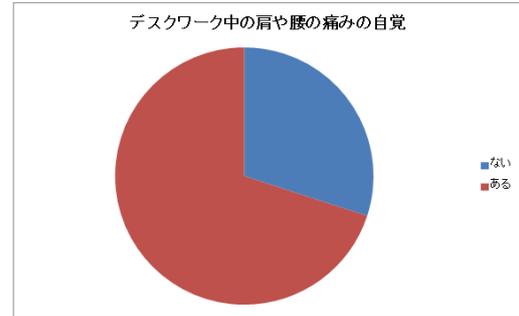


図 3.5 予備実験：設問 1.3

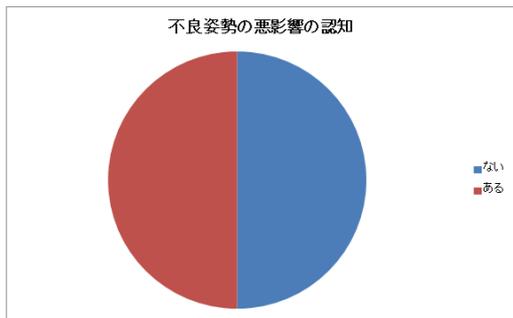


図 3.6 予備実験：設問 1.4

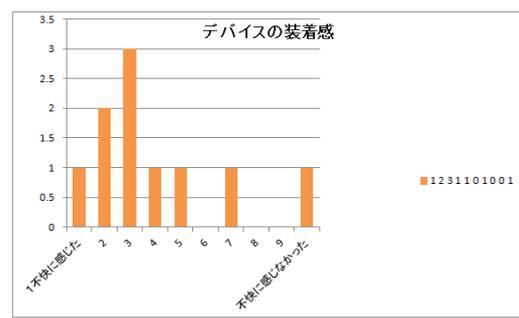


図 3.7 予備実験：設問 2

3.4.2 予備実験の考察

今回の本実験の目的は、前述したようにアクチュエーションの有効性とその通知強度を調べるためである。各アクチュエーションに関するアンケート結果は、表??にまとめた通りである。

項目 1 から、デスクワーク時の姿勢に関する意識を調べた。意識は個人によってばらつきがあり、被験者全員が「姿勢の矯正をしたい」と考えているにもかかわらず、自らの姿勢の悪化に気が付かないなどの結果がみられる(図 3.5)。このことから、ここまで述べてきた客観的かつ継続的に姿勢を指摘することの重要性が推察される。

本システムはデスクワーク時のユーザが用いるため、集中力を途切れさせるなど過干渉にならない通知手法が求められる。行った 3 つのアクチュエーションのうち、画面の倍率変化は 10 段階中平均 7.6 と、非常に高い数値が出た。多くのユーザが画面の倍率変化を集中力の妨げになると感じている。

3.5 アクチュエーションの決定

本節では、前節で行った予備実験の結果を元に、ユーザへのアプローチ方法を決定する。本システムは、最低限の干渉でユーザに気付きを与えるために、認知度が高い一方で通知強度の低いフィードバックを選択する必要がある。表??から読み取れるように、画面の倍率変化はユーザへ過度な干渉を行う強い通知手法であることがわかった。そこで、本システムで用いるアクチュエーションは照度変化及び振動の 2 種類とする。また、

アクチュエーションは徐々に通知強度を強めていき、ある一定の閾値を超えた際に別のアクチュエーションを行うことが望ましい。そこで、本システムでは今回、不良姿勢の検知当初は照度変化を少しずつ強めていき、その後一定の基準を超えたときに振動を実行する、というアプローチに決定する。

3.6 本章のまとめ

本章では、前章で定義した不良姿勢の矯正手法について、具体的な考察を行った。また、予備実験を行い、照度の変化、画面の拡大縮小、振動の3種類それぞれのフィードバックと作業への非妨害性を調べた。予備実験の結果から、本システムで用いるフィードバックは、照度の変化と振動を併用したものとす。次章では、本章で行った予備実験を踏まえ、通知手法の設計及び実装について述べる。

第4章

CARNA：システムの設計と実装

本章では、不良姿勢を検知し、ユーザへの通知を行うシステム「CARNA」の設計及び実装について述べる。はじめに本システムの概要を述べ、不良姿勢検知モジュールについて説明する。ついで、姿勢矯正手法であるフィードバックモジュールの設計・実装について述べる。

4.1 システムの概要

本システムは、デスクワーク時のユーザの姿勢を、適切な状態で維持するシステムである。ユーザはウェアラブルなデバイスを装着し、搭載されたセンサを用いてリアルタイムに姿勢の変化を検知する。不良姿勢が検知された場合、即座に姿勢に応じたフィードバックが実行される。段階分けされた持続的なフィードバックにより、ユーザは設定した適正值に基づいた正しい姿勢の維持ができる。

4.2 不良姿勢検知モジュール

本節では、不良姿勢を検出する不良姿勢検知モジュールの設計と実装について述べる。はじめにデスクワーク時の姿勢の解析と不良姿勢の検知について述べる。また、考えられる問題点についてまとめる。前章で述べたように、作業場所に依らない姿勢検出を実現するため、本システムはウェアラブルデバイスを使用する。また、作業の阻害などユーザへの負担を避けるため、装着箇所は一箇所とする。姿勢の計測方法として、本論文では上半身に注目した。不良姿勢は、歪みの原因が身体のどの部位であっても、上半身は傾斜し、上半身の傾斜角度から姿勢状態からを検知することができる。システムの動作開始時に、ユーザは適正值を設定する。デスクワーク中の上半身の角度をこの適正值と比較し、姿勢の歪みを判定する。本システムにおいて、デバイスは首に装着する。

4.2.1 センサの選択と姿勢の計測

本デバイスは、三軸加速度センサ及び角速度センサを用いる。加速度センサはデバイスに-1Gの重力がかかっているとき、重力加速度から現在の姿勢角を求めることができる。角速度センサは並進運動によって変化した角度を求めることができる。2つのデバイスの利点を表4.1にまとめた。

三軸加速度センサは水平角に並進運動をした場合、重力加速度が変化しないため誤検知が起きてしまう。たとえば、デスクワーク時に視線を横に逸らすなどした場合、それを姿勢の歪みと判別する可能性がある。そ

表 4.1 加速度センサと角速度センサの比較

	利点	欠点
加速度センサ	一定の重力下での姿勢角	水平角が測れない重力以外の力が加わるとずれる
角速度センサ	水平角の動きを計測可能	静止時の検出ができない

ここで、角度センサを用いて姿勢検出の信頼性を上げる。

3軸加速度センサは低周波ノイズ成分を多く含むため、上の式を用いて算出された値にローパスフィルタを用いる。今回使用したフィルタの式は、次の通りである。

$$X_0 = (\text{asin}(X_1/X_{\text{range}}) - X_2) \times 0.3 \quad (4.1)$$

上記の式を、3軸全てに用いる。

今回使用した三軸加速度センサは、傾けると垂直の下方向にかかる重力方向に対応する。そのため、アークサイン関数を用いて傾斜角度を測定することが可能である。XY軸を水平線、Z軸を重力方向のベクトルとして扱う。この時、傾斜角度 θ は重力ベクトルとz軸の角度である。このことから、三角法を用いると下記の式が導かれる。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{Z} \right) \quad (4.2)$$

また、角速度センサは通常積分によって値を求めることができる。しかし、今回使用したセンサはあらかじめハイパスフィルタが組み込まれている(図 4.1) ため、そのままでは正確な値が求まらない。フィルタを通し、出力される値は微分された角加速度となる。角加速度から角度を求めるには二重積分を行う必要があるが、微分回路の影響で出力値の誤差の補正とオフセット及びノイズが問題と鳴る。そこで、ハイパスフィルタの回路である図 4.1 の C6, C7 を使わないことで除外した。これで角速度がそのまま出力されるため、積分によって角度を求めることができる。

以上、ここまで加速度センサと角速度センサの値の計算方法について述べた。この2つの数値を用い、姿勢

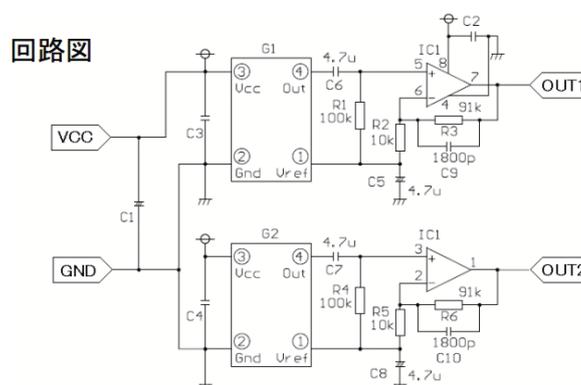


図 4.1 圧電振動センサ回路図

の計測を行う。通常、加速度センサに-1G 方向の重力がかかっているときは加速度センサの値を姿勢角の検出に用いる。ただし、加速度センサに-1G 方向の重力以外の要素が加わった時、ジャイロセンサの数値をその補

正に用いる。つまり、加速度センサはユーザの上半身を Z 軸方向に計測し、水平の動きが見られた場合のみ角速度センサの数値を用いることで誤検知を防ぐ。

4.2.2 デバイスの装着位置

本システムでは姿勢を上半身の傾斜から判別する。そこで、デバイスの最適な装着箇所を選定した。これは SunSPOT に搭載されている、加速度センサを用いて行った。被験者 3 人の後頭部・首の 2 箇所に SunSPOT を装着し、故意に上半身を傾斜させる。図 4.2 は、実験時の Z 軸方向の加速度の推移である。赤い楕円で塗りつぶされた部分が、姿勢を変化させた部分である。この際、最も安定して姿勢変化部分を判定できたのは首であった。これは、後頭部は例えば首を傾げた場合や横を向いた場合など、些細な動きが出力され、傾斜を明確に検出できないからである (図 4.3)。よって本システムでは、デバイスを首に装着する。

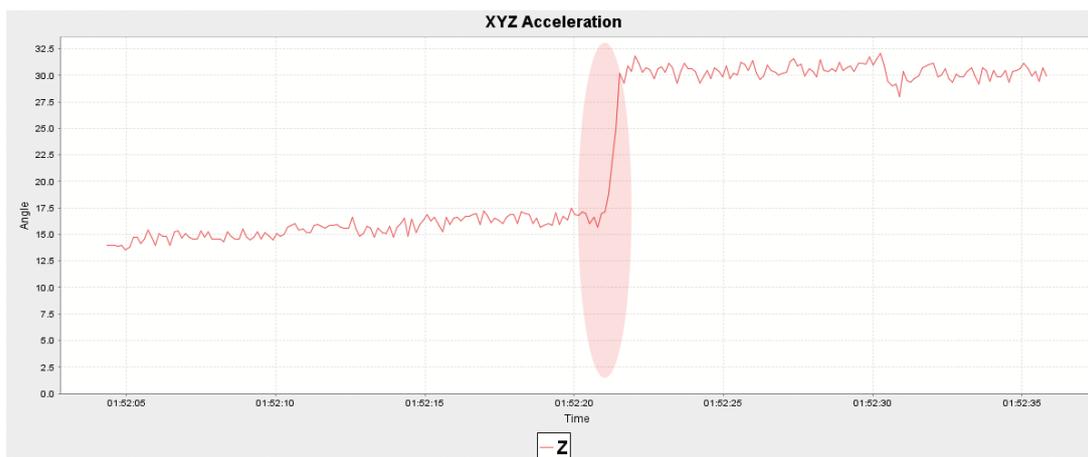


図 4.2 首に装着した際の Z 軸加速度

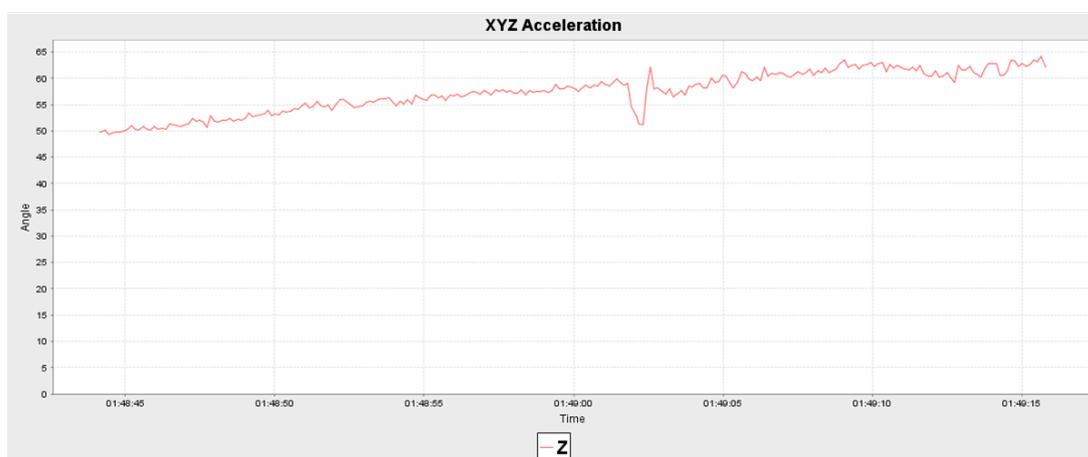


図 4.3 後頭部に装着した際の Z 軸加速度

4.2.3 適正值の設定方法

本システムでは、適切な姿勢はあらかじめ設定されておらず、ユーザ自身が決定する。その値は、はじめに一定時間、ユーザが適切な姿勢を維持することにより設定される。フィードバックの動作前に、使用開始時に一定時間の値の平均を求める。これをもとに閾値とヒステリシスを決定する。ベースラインは、10 秒間のキャリブレーションによってセットされる。用いる計算式は、閾値を A、ヒステリシスを B とすると、次の通りである。

$$A = (X_{total}/X_{count}) \times 0.9 \quad (4.3)$$

$$B = A/10 \quad (4.4)$$

4.2.4 不良姿勢の検出方法

不良姿勢は、閾値とヒステリシスをもとに設定した適正值とリアルタイムで計測される角度を比較して検出される。姿勢は、デバイスによってリアルタイムで計測される。その値は10秒間を1セットとし、その平均値をとる。その平均値をからヒステリシス誤差を除き、その上で閾値との比較を行う。

また、不良姿勢の度合いの判定は、図 4.4 のように角度ごとに分類する。図中の角 a, b, c は同一の角度である。角 a, b, c は順に通知強度が最も弱いもの、強いもの、一定の強度となっている。



図 4.4 不良姿勢検出の角度

4.3 フィードバックモジュール

本節では、前章で決定した各フィードバックの設計及び実装を述べる。本研究では、照度、振動の2つのアクチュエーションを組み合わせたフィードバックを行う。2つのアクチュエーションの設計及び実装をそれぞれ述べてから、それらを併用する方法について述べる。

4.3.1 照度によるフィードバック

照度によるフィードバックでは、ユーザの使用しているアプリケーションの照度を変化することで通知を行う。姿勢が悪くなった場合、ディスプレイは暗くなり、ユーザは作業を続けることが難しくなる。適切な姿勢が維持されている場合や、また、不良姿勢が改善された場合、ディスプレイは明るくなる。一連の照度変更

は、段階的に行われる。急激なアプローチはユーザの作業を阻害するため、少しずつ照度を変更してユーザへの干渉を最低限にする。本システムの中で最も通知強度の弱いフィードバックである。

図 4.5 は、このフィードバックの流れを簡単に図式化したものである。ノートパソコンは、不良姿勢が検知されると図のように画面の照度が暗くなる。このアクションは、Processing で実装する。姿勢情報と連動し、姿勢検出のためのアプリケーション側からキーコマンドを照度変更ソフトへ送る。不良姿勢が検知された場合、輝度変更アプリケーションは輝度を下げる。今回は、あらかじめノートパソコンに搭載されている通常の照度変更機能を利用する。照度変更の際に使用するショートカットキーを、プログラミング側から Robot class を用いて操作した。

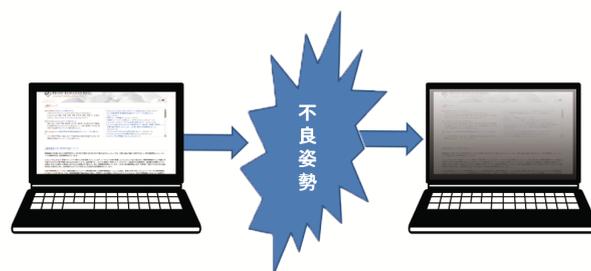


図 4.5 フィードバック：照度

4.3.2 振動によるフィードバック

振動によるフィードバックでは、ユーザが着用するデバイスそのものが振動することで通知を行う。ユーザは姿勢検出のためにウェアラブルデバイスを装着しているが、姿勢の歪みが顕著であった場合、このデバイス自体が振動することによってユーザへのフィードバックを行う。振動には振動モータを用いる。振動は2段階用意され、通常は1段階目の短時間の振動となるが、もし不良姿勢が長時間続いた場合、2段階目のより長い振動が実行される。

4.3.3 フィードバックの段階分け

フィードバックは、姿勢の歪みに応じて段階分けを行う。これは、今まで述べてきたように、1) 姿勢の歪み具合をフィードバックの種類によってユーザが認知できる、2) 姿勢の歪みがあまり顕著でない場合、緩やかなフィードバックを行うことで作業の阻害をしない、という2つの狙いがある。本システムのフィードバックは照度変化、振動の2つである。フィードバックの段階は、図 4.4 の角度ごとに分類する。姿勢が角 a まで傾斜した場合は、照度の変化を緩やかに行う。角 b まで傾斜した場合、角 a と比較し約 2 倍の暗さまで照度を落とす。最後に、ユーザの上半身が角 c まで傾斜した場合、振動のアクションを実行する。

4.4 システム構成

本節では、システムの全体像について述べる。まずソフトウェア面からシステムの流れを、ハードウェア面からはデバイスの具体的な実装環境を挙げながらその中身を説明する。最後に、デバイス全体のデザインにつ

いて述べる。

4.4.1 ソフトウェアの構成

ソフトウェアは、ユーザが使用しているノートパソコンに実装されている。このソフトウェアは、本章で先に説明した、不良姿勢を検出するための「姿勢検知モジュール」と姿勢矯正手法の「フィードバックモジュール」に大別される。本システムは、姿勢計測のデバイスと、ユーザが使用するパソコン内のアプリケーションで操作する。

図 4.6 は、実際の本システムの流れである。ユーザに装着されたデバイスがノートパソコン上のソフトウェアにデータを送信する。そのデータを不良姿勢検知モジュールが解析を行い、不良姿勢が検出された場合、フィードバックモジュールにそのデータが送信される。フィードバックは、ユーザの姿勢の歪みの深刻さに応じてフィードバックを分けて実行する。

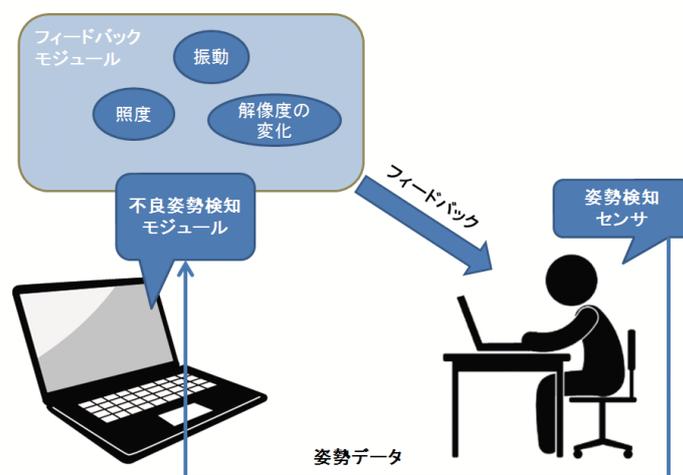


図 4.6 ソフトウェア構成

4.4.2 ハードウェアの構成

ハードウェアは、ユーザ側とデバイス側のそれぞれで構成される。ユーザ側は、ユーザが使用しているデスクトップパソコン、デバイス側はユーザが装着しているデバイスである。このふたつのデバイスは、無線通信によって、センサが検知するデータ及びアクチュエーションの実行命令の送受信を行う(図 4.7)。

4.4.3 姿勢検知のセンサ

本研究では、既存のデバイスは使用しない。デバイスの写真を図 4.8 にあげた。回路図は 4.10 にある。このデバイスは、メッシュケースに入れて固定した上でネックウォーマーに取り付ける。ユーザは、ネックウォーマーを、デバイスが背中の中の中心上にあるように着ける。実際の装着イメージを、図 4.9 にあげる。

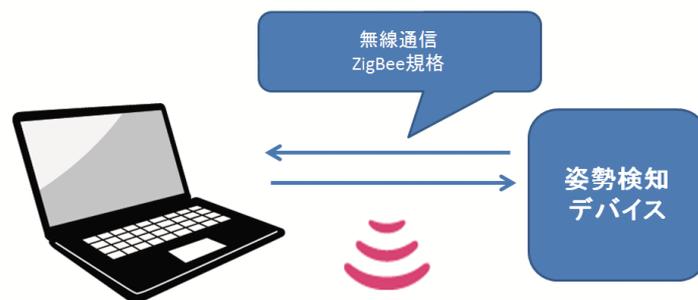


図 4.7 ハードウェア構成



図 4.8 姿勢検知のセンサ

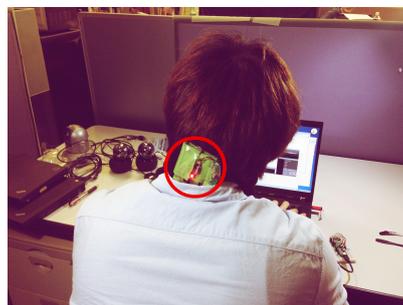


図 4.9 装着イメージ

本システムは、AVR マイコンの搭載されたインタラクティブデバイスである Arduino-mini を中心に構成される。デバイスの傾きを取得するために三軸加速度センサ (KXM52-1050) 及び角速度センサ (ENC-03R) を搭載する。また、センサデータをパソコンへ転送するために、ZigBee 規格の無線通信機能を搭載した小型モジュールである XBee (802.15.6 Series1) を使用する。さらに、フィードバックのうちの一つである振動を実行するために、円盤型振動モータを利用する。また、電源を内蔵式とするため、リチウムイオン電池によって駆動させる。

ユーザが使用するノートパソコンは、WindowsOS とする。先に述べたように、デバイスは PC に USB ケーブルで接続した受信機を用いて、ZigBee 無線でのデータ通信が可能である。

4.4.4 実装環境

本節では、フィードバック及びデバイスの実装環境について述べる。まず、照度のフィードバックは Processing で実装を行う。このフィードバックはディスプレイを通知の手段として選択する。また、ノート PC 上でアプリケーションの一部として動く。振動のフィードバックは、Processing 及び Arduino を用いて実装する。通知手段はデバイスに搭載する振動モータである。デバイスそのものは Arduino で実装する。また、このデバイスにはマイコンとなる Arduino、センシングのための三軸加速度センサ及び角速度センサ、ア

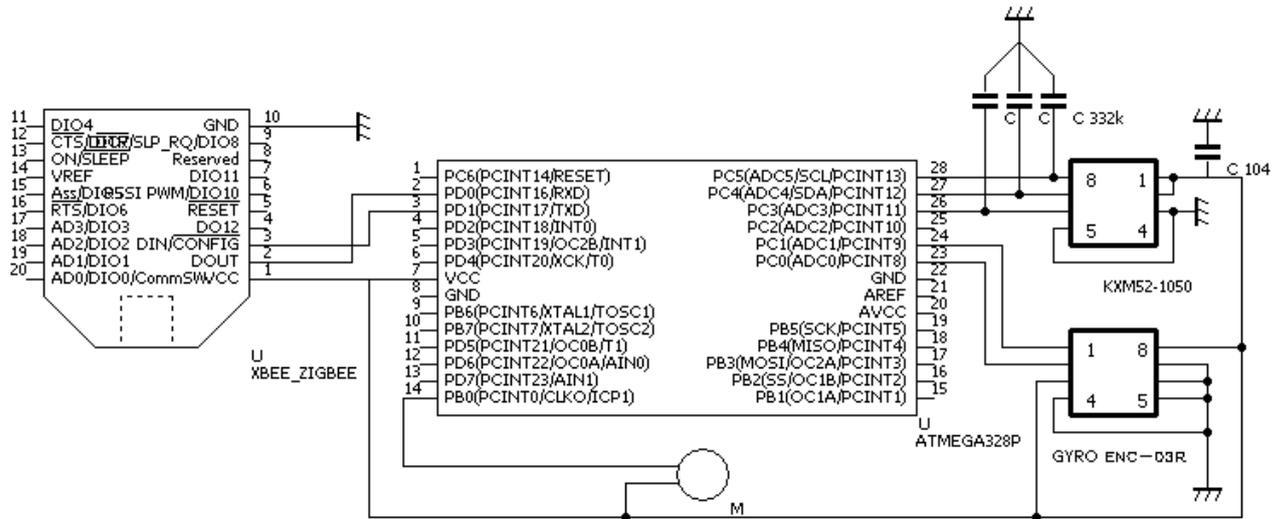


図 4.10 センサの回路図

表 4.2 通知の比較

	実装言語	手段	ベースとなるハードウェア
フィードバック：照度	Processing	ディスプレイ	ノート PC
フィードバック：振動	Processing Arduino	振動モータ	デバイス
デバイス	Arduino	Arduino 三軸加速度センサ 角速度センサ 振動モータ	Arduino-mini
アプリケーション	Processing	ノートパソコン	ノート PC

クチュエーションのための振動モータ，そしてデータをノート PC 側の受信機と行うための XBee を搭載する．最後に，これらをまとめるアプリケーションは，Processing で実装を行う．このアプリケーションは，WindowsOS 上で動く．以上の内容を，表 4.2 にまとめた．

4.5 本章のまとめ

本章では，本システムを用いて姿勢矯正を行う姿勢検知及びフィードバックの実装について説明した．本システムは，ウェアラブルデバイスを用いてユーザの姿勢を常時計測する．センサデータからユーザの上半身の傾斜角度を算出する．ユーザが設定した適正値と比較し，不良姿勢が検出された場合，フィードバックは実行される．

第 5 章

評価実験

本章では、前章で説明した姿勢矯正システムを使用して行った実験と評価について説明をする。また、実験結果に対する考察を行う。

5.1 実験環境

本研究では、システムのフィードバックの適切さ、姿勢矯正の効果について評価実験を行った。評価実験中の被験者の様子を全て録画し、その姿勢変化について比較するという手法をとった。

5.1.1 評価方針

本研究では、4章で説明したシステムの評価を行う。実験中の録画によって姿勢の矯正効果及びフィードバックの適正さを定量的に評価する。また、被験者にシステムを利用してもらった後、アンケートを実施することで定性的なユーザビリティ評価を行う。評価項目は、以下の4つである。

- リアルタイムでの不良姿勢検知精度
姿勢検知がリアルタイムで行われたか、また、その精度について評価を行う。本研究は、ノートパソコンを用いたデスクワーク作業を前提としている。そのため、実験場所は「被験者が選択」した場所と「あらかじめ設定した場所」の2種類で行う。どちらの場合でも、姿勢が適当に検出されたかを評価する。
- 作業を阻害しないフィードバックについてのユーザビリティ評価
フィードバックがユーザの作業を阻害しなかったかどうかを評価する。このシステムはデスクワーク時に使用されるため、姿勢矯正よりも作業の優先度が高い。ユーザが無意識的に姿勢を維持することができたかどうかについて、アンケート形式のユーザビリティ評価を行う。
- 姿勢矯正の効果測定
適切な姿勢が維持されるかどうかを、映像によって確認する。また、一定期間の着用によってユーザが正しい姿勢を心がけるようになったかどうかを、1日毎の姿勢を手作業で分析し、評価する。

本章では、第1節でシステムを評価する方法について述べ、第2節で実験結果と評価について述べる。

5.1.2 被験者

被験者は、研究室に所属している学生から無差別に選出した。実験の被験者は、男性**人、女性**人の合計 20 人である。また、被験者における年代分布は、10 代 5 人、20 代 25 人であった。表??に本実験における被験者の性別分布を、表??に被験者の年代分布を示す。本実験の被験者は、主に大学の研究室の生徒であるため、年代が 20 代の被験者がほとんどである。

5.1.3 実験環境

実験環境は、予備実験と同様の設定のもと行う。実験場所は、研究室にあるデスクで固定した。被験者は椅子に座り、作業用机にノートパソコンを置いた状態で作業しているものとする。イヤホンの装着や携帯電話など、本実験に関係のない外的要素は排除した上で行う。図 5.1 に、実際の実験を行う様子をあげた。赤い丸で囲まれている場所に、ノートパソコン側のデータ受信機があり、また、黄色い丸で囲まれている箇所に本システムの中心であるウェアラブルデバイスがある。

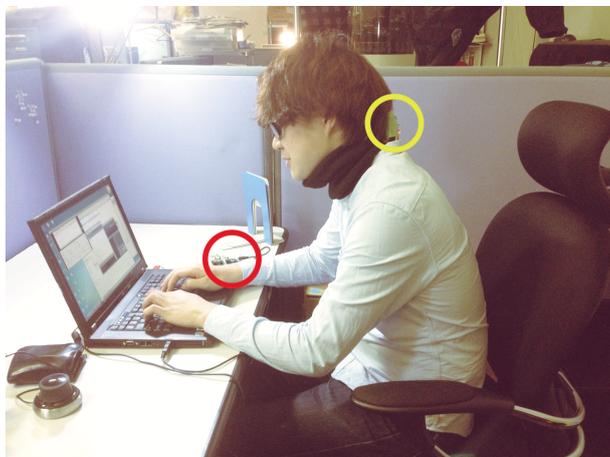


図 5.1 本実験：実験の様子

5.1.4 実験手順

実験は、次の手順を踏んで行われる。

1. 被験者は椅子に座り、パソコンに向かう。実験で使用するノートパソコンは、あらかじめ用意した同一のものとする。このとき、実験中の様子は全てビデオカメラを利用して記録されている。
2. 被験者は監督者の合図でアプリケーションを操作し、閾値を設定する。閾値は前章で述べた通り、被験者が理想とする姿勢を維持することによってその平均値から設定される。
3. 監督者の合図で、実験及びビデオカメラによる録画が開始される。実験は約 20 分間行われる。この間、被験者は指定されたテキストの入力を行う。
4. 被験者は与えられた文章を全て入力し終わった所で、実験終了となる。その後、用意した用紙を用いて

アンケートを行う。

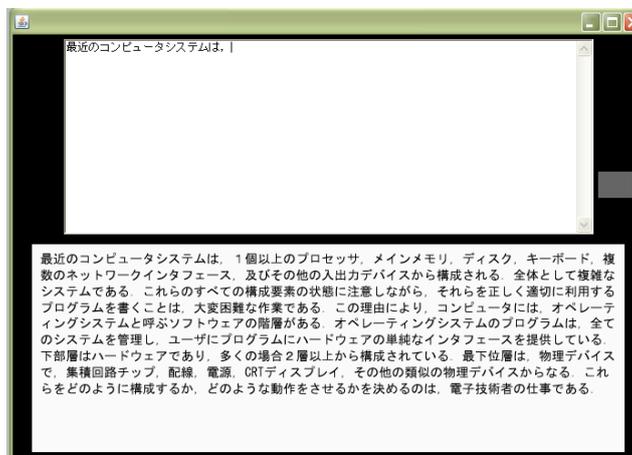


図 5.2 本実験：被験者が使用するアプリ

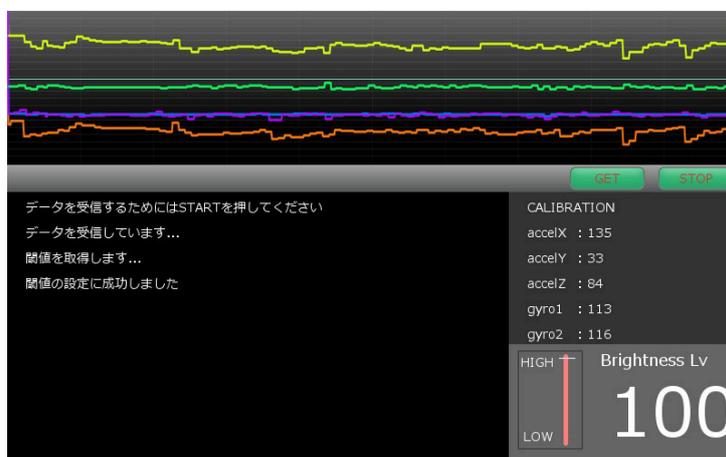


図 5.3 姿勢検知側のアプリ

5.1.5 定量的評価の手法

本実験において、次にあげる項目は定量的に評価される。姿勢の解析は、ビデオカメラで録画した作業中の様子を手作業で解析する。

リアルタイムでの不良姿勢検知精度

本項目は、実験中のユーザの姿勢と、それに対するシステムの判定を比較し、その認識精度について評価する。

姿勢矯正の効果測定

本項目は、ユーザの姿勢が本システムの使用によって改善されたかを評価する。実験時、被験者の様子をビデオで側面から撮影する。ビデオカメラは図??)のように、ユーザの側面に設置する。実験中、実験開始時と実験終了直後での程度姿勢が維持されているかを、映像記録で客観的に、また、センサーデータから数値的に判断する。

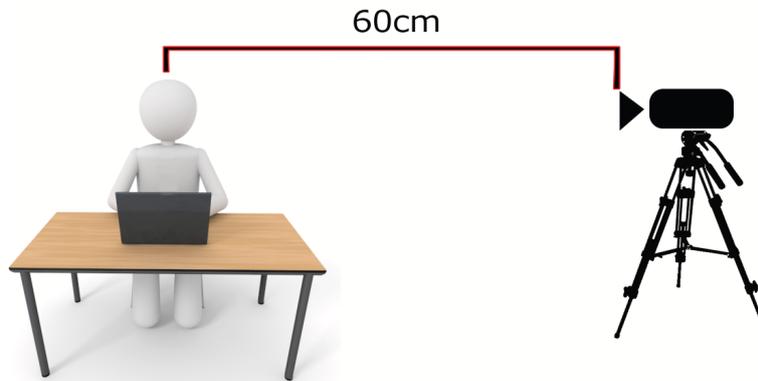


図 5.4 実験時のビデオ撮影

5.1.6 アンケートの項目

本実験は、アンケートによって定性的に評価される。被験者に記入してもらうアンケートの設問項目を以下に示し、その意図について説明する。

作業を阻害しないフィードバックについてのユーザビリティ評価

本項目は、「フィードバックが適切なタイミングだったかどうか」「フィードバックはユーザの作業を阻害したか」について評価する。

姿勢矯正の効果測定

本項目は、ユーザの姿勢が本システムの使用によって改善されたかを評価する。

デスクワーク中の姿勢について

1. あなたが理想とする正しい姿勢を5だとした場合、あなたの姿勢はどうですか
2. 自分の姿勢を矯正したいと考えていますか
3. 作業中、自分の姿勢の悪化を感じたことはありますか
4. 作業中、腰や肩の痛みを感じることはありますか
5. 悪い姿勢は、腰以外にも頭痛などの悪影響があることを知っていますか

デバイスについて

1. デバイスの装着を不快に感じましたか

———— アクチュエーションについて ————

1. アクチュエーションに気が付きましたか
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか
3. アクチュエーションが実行されるタイミングは適切でしたか

———— その他 ————

1. 本システムによって作業が中断されるなどの影響はありましたか
2. それはどういったアクチュエーションでしたか
3. 本システムは、姿勢矯正において有効だと思いますか

アンケートは以上である。また、一番最後に自由記述欄を設けた。

各設問の意図を説明する。まず、1つ目の項目のデスクワーク中の姿勢について説明する。項目内の各設問は、設問2が「よくある」「たまにある」「わからない」「考えたことがない」の5択とし、その他設問1, 3, 4は2択とした。この項目は、デスクワーク中の姿勢についてどの程度関心があるのかを調べる目的がある。続いて2つ目の項目デバイスについて説明する。この項目は、ネックウォーマー型のデバイスがユーザの作業に影響を与えない形かを調べる。続いての項目であるアクチュエーションについては、予備実験中に実行したアクチュエーションの、その通知の強度を調べる為のものである。設問2.1でアクチュエーションの認知度を調べる。集中力が途切れたと感じたものは通知強度が高く、また、そう感じなかったものは通知が弱いとかんがえられる。設問1, 2は「感じた」「感じない」の間の5段階で評価し、次の2.2で非妨害性をみる。次に、2.3でシステム自体の有効性を問う。各アクチュエーションごとに回答する。この項目は、振動と照度変化のアクチュエーション両方について聞く。また、最後の項目その他では、本システムによって作業の中断があったかどうか、システムが有効かどうかを5段階で聞く。不良姿勢だと認知している場合、アクチュエーションが適切であったかを種類ごとに聞くのととも、本システムの通知手法が、姿勢矯正にあたって有効な手段かどうかを問う。

5.2 評価実験結果

本節では、本章で行った評価実験の結果について記述する。まず初めに、姿勢検出の精度について表とともにまとめ、次にアンケート結果を記述する。最後に、本実験から得られた結果について考察を行う。

5.2.1 姿勢検出の精度

本節では、実験中の姿勢検出の精度について述べる。

5.2.2 アンケート結果

本実験終了後、被験者が回答したアンケート結果について述べる。

5.2.3 考察

アンケート結果から、本システムの考察を行う。

5.3 本章のまとめ

本章では、前章までで述べてきた本システムを実際に使用してもらい、実験を行った。実験の結果をアンケート及びセンサデータの数値、そしてビデオ撮影を用いて評価を行った。次の章では、本研究を通して得られたもの、また、今後の展望について記述する。

第 6 章

結論

本章では、本論文における今後の展望を説明し、最後に本論文のまとめを述べる。

6.1 今後の展望

今回、ウェアラブルデバイスを製作し、それをを用いた。しかし、今後本システムの長期的な利用を考えると、耐久性や製作面において現実的ではない。そこで、三軸加速度センサ及びジャイロセンサが内蔵された Android スマートフォンを用いた同様のシステムの構築が求められる。

また、本システムは適正値をユーザの不良姿勢から自動的に設定するのではなく、ユーザ自らが「正しい」と思う姿勢をとり、それを閾値として設定することによって設定している。その適正値が、身体科学的にみて良好であるかは不明瞭である。また、適正値の設定を誤った姿勢で行った場合、矯正とは逆の効果が生まれてしまう。上半身の傾斜から、その個人個人に合った姿勢をシステム側から提案する仕組みが必要である。

6.2 本論文のまとめ

本研究では、作業を阻害しないデスクワーク時の姿勢矯正システム「CARNA」を提案した。このシステムは姿勢の悪さに応じてフィードバックを与え、ユーザの意識付けを行う。CARNA は、ネックウォーマー型のウェアラブルデバイスを中心としたシステムである。デバイスは、ユーザの上半身の傾斜を加速度センサおよび角速度センサを用いて計測し、姿勢状態を推測する。不良姿勢を検知すると、作業中の PC にフィードバックを行う。矯正を促す。

作業中のユーザへのアクチュエーションは、ユーザの作業効率に干渉することに繋がる。そこで、本システムはユーザの姿勢の歪みの深刻度に応じてその通知強度を変える。それにより、ユーザへ最低限の干渉で通知を行うことができる。

本研究では、予備実験を行い、フィードバックの比較を行った。比較検討したフィードバックは画面小度の変化、作業画面の倍率変化、振動の3つである。これらのフィードバックは、本システムがノートパソコンでの作業を想定していることから、自然な形でアクチュエーションを行うことができると考えた。予備実験の結果、よりユーザの作業を阻害する通知強度が弱く、なおかつ認知度の高い照度変化及び振動を組み合わせたフィードバックを、最終的なシステムとして採用した。

本論文では、デスクワーク時の姿勢共生システム CARNA を構成するデバイスとフィードバックアプリケー

シヨンの手法，設計，実装について述べた．また，評価実験を行い，デバイスの姿勢検知精度とフィードバックの非妨害性の評価を行った．

謝辞

本論文の執筆にあたり、親身になって丁寧にご指導して頂きました、慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝致します。また、貴重なご助言を頂きました慶應義塾大学環境情報学部准教授高汐一紀博士、慶應義塾大学環境情報学部専任講師中澤仁博士、慶應義塾大学環境情報学部米澤拓郎特任助教、慶應義塾大学政策・メディア研究科伊藤友隆氏、政策・メディア研究科博士課程生田目直哉氏、政策・メディア研究科博士課程小川正幹氏に深く感謝致します。

慶應義塾大学徳田研究室の諸先輩方には折に触れ貴重なご助言を頂き、また、本研究を進めるにあたり多くの時間を割いて頂きました。特に政策・メディア研究科西山勇毅氏には本論文を執筆するにあたってご指導頂きました。ここに深く感謝致します。

また、同学年として、ともにここまで切磋琢磨しつつやってきた伊藤瑛氏、グエンミンザン氏、寺山淳基氏、様々なイベントのなか親しくさせて頂いた move! や CPSF, Life-Cloud 研究グループの皆さま、私がここにくるきっかけになった米川賢治氏、暖かく力強く支えてくれた父、母、弟たち、そして公私共にお世話になり続けている唐津豊氏に深く感謝の言葉を述べ、謝辞と致します。

2013年1月22日

参考文献

- [1] 厚生労働省：世帯員の健康状況 自覚症状の状況，平成22年国民生活基礎調査の概況。北海道大学大学院教育学研究院紀要 第104号，2009.
- [2] Christopher J. Fisher. 加速度センサーによる傾きの検出. *Proceeding of 5th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI '20)*, 2010.
- [3] K. E. MacLean. Putting haptics into the ambience. *IEEE Transactions on Haptics*, pp. 123–135, 2009.
- [4] Peter Brandl Sabine Gross Gerold Schossleitner Andreas Schrempf Hideaki Nii Maki Sugimoto Masahiko Inami Michael Haller, Christoph Richter. Finding the right way for interrupting people improving their sitting posture. 2012.
- [5] Tobias Sonne. The posture suspenders senses posture in real-time and via vibration alerts the user to bad posture. 2011.
- [6] W. Wong and M. S. Wong. Detecting spinal posture change in sitting positions with tri-axial accelerometers. *Elsevier Gait Posture*, pp. 168–171, 2008.
- [7] John B. Morrell Ying (Jean) Zheng. A vibrotactile feedback approach to posture guidance. 2012.
- [8] 橋内勇, 大塚吉則. 大学生における猫背、腰痛・肩凝りの発現率とその対策についての調査. 北海道大学大学院教育学研究院紀要 第104号，2008.
- [9] 宮下令央, Cassinelli Alvaro, 石川正俊. マウスチェア -restless-interface-. エンタテインメントコンピューティング 2011 (EC2011), 2011.
- [10] 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. *WISS2010*, 2010.
- [11] 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上方通知手法の提案. 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, 2011.
- [12] 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. 情報処理学会 インタラクション 2012, 2012.
- [13] 菊川真理子, 金井秀明. 癖の矯正を目的とした通知手法の提案. 2012.
- [14] 坂入 洋右畑中 美希. : 作業姿勢の調整が気分とパフォーマンスに及ぼす影響. 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育学専攻 平成21年度修士論文, 2011.
- [15] 豊永敏宏. 運動器疾患の進行予防ハンドブック. 2005.
- [16] 林敏樹, 小澤政博. 3軸加速度センサを用いた姿勢推定手法へのユーザ適応機構の導入. 情報処理学会研究報告, コピキタスコンピューティングシステム研究会, 2007.
- [17] 林敏樹, 小澤政博. 3軸加速度センサを用いた姿勢推定手法へのユーザ適応機構の導入. 2011.

付録 A 予備実験時の被験者対象アンケート

予備実験 アンケート

性別：(男 / 女)

年齢：(10代 / 20代前半 / 20代後半)

【デスクワーク中の姿勢について】

1. 「あなたの理想とする正しい姿勢」を“6”だとした場合、あなたの姿勢はどのくらいなのか教えて下さい。
(悪い← 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 →良い)
2. 自分の姿勢を矯正したいと考えていますか
(はい / いいえ)
3. デスクワーク中、自分の姿勢の悪化を感じたことはありますか
(よくある / たまにある / わからない / あまりない / 考えたことがない)
4. デスクワーク中、腰や肩の痛みを感じることはありますか
(ある / ない)
5. 姿勢が悪いと、腰以外にも頭痛など悪影響があることを知っていましたか
(知ってる / 知らない)

【デバイスについて】

1. デバイスの装着を不快に感じましたか
(はい← 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 →いいえ)

【アクチュエーション1：振動】

1. アクチュエーションに気が付きましたか
(はい / いいえ)
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか
(した← 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 →しない)

【アクチュエーション2：文字の大きさ】

1. アクチュエーションに気が付きましたか
(はい / いいえ)
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか
(した← 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 →しない)

【アクチュエーション3：照度】

1. アクチュエーションに気が付きましたか
(はい / いいえ)
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか
(した← 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 →しない)

その他もしなにかあれば

お忙しい中、協力して頂きありがとうございました。

付録 B 本実験時の被験者対象アンケート

本実験 アンケート

性別：(男 / 女)

年齢：(10代 / 20代前半 / 20代後半)

【デスクワーク中の姿勢について】

1. 「あなたの理想とする正しい姿勢」を5だとした場合、あなたの姿勢はどのくらいなのか教えてください。
(悪い ← 1 2 3 4 5 → 良い)
2. 自分の姿勢を矯正したいと考えていますか
(はい / いいえ)
3. デスクワーク中、自分の姿勢の悪化を感じたことはありますか
(よくある / たまにある / わからない / あまりない / 考えたことがない)
4. デスクワーク中、腰や肩の痛みを感じることはありますか
(ある / ない)
5. 姿勢が悪いと、腰以外にも頭痛など悪影響があることを知っていましたか
(知ってる / 知らない)

【デバイスについて】

1. デバイスの装着を不快に感じましたか
(はい ← 1 2 3 4 5 → いいえ)

【アクチュエーション1：振動】

1. アクチュエーションに気が付きましたか
(はい / いいえ)
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか
(した ← 1 2 3 4 5 → しない)
3. アクチュエーションが実行されるタイミングは適切でしたか
(はい ← 1 2 3 4 5 → いいえ)

【アクチュエーション3：照度】

1. アクチュエーションに気が付きましたか
(はい / いいえ)
2. アクチュエーションによってあなたの集中力は途切れたと感じましたか
(した ← 1 2 3 4 5 → しない)
3. アクチュエーションが実行されるタイミングは適切でしたか
(はい ← 1 2 3 4 5 → いいえ)

【その他】

1. 本システムによって、作業が中断されるなどの影響はありましたか
(とてもあった ← 1 2 3 4 5 → しない)
 1. 2. それはこういったアクチュエーションでしたか
()
2. 本システムは、姿勢の矯正において有効だと思いますか
(そう思う / 少しそう思う / わからない / あまりそう思わない / 有効ではない)

その他もしなにかあれば

お忙しい中、協力して頂きありがとうございました。