

卒業論文 2007 年度 (平成 19 年度)

exPhoto:周辺環境と撮影者の心理状態を記録・再現する
デジタルフォトメディアの構築

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

重近 範行

湧川 隆次

Rodney D. Van Meter III

慶應義塾大学 環境情報学部

橋爪 克弥

katsuya@ht.sfc.keio.ac.jp

卒業論文要旨 2007 年度 (平成 19 年度)

exPhoto:周辺環境と撮影者の心理状態を記録・再現する デジタルフォトメディアの構築

論文要旨

近年、携帯電話やデジタルカメラの小型化や高機能化に伴い、多くの人々が写真を気軽に撮影している。さらに写真共有サイトや SNS の普及により、人々との写真共有が行われている。人が写真を撮影する主な目的は、自身の体験を記録することと、記録した体験を他者と共有することである。そのため、現在研究開発の分野においても、写真メディアを用いてユーザの体験記録と再現を支援する研究に注目が集まっている。例えば、デジタルな写真メディアのメタデータとして、温度や音などのセンサデータやコンテキストを付加することで、撮影時の状況を記録し、ユーザの体験記録を支援する研究がある。

しかし、既存の写真メディアに関する研究では、周辺環境情報の記録のみを行っており、ユーザの体験において重要な要素である心理状態を記録していない。さらに体験の再現においても、直感的な伝達手法が用いられていないという問題点がある。そのため、撮影時のユーザ体験は十分に伝えられていない。

本研究では、写真メディアによる体験の記録と再現を目的とし、周辺環境とユーザの心理状態を記録し、アクチュエータを用いた直感的な再現を行う exPhoto システムを提案する。本システムは、撮影時にカメラと複数のセンサを用いて風景や音、温度などの周辺環境情報と心拍センサを利用しユーザの心理状態を取得し、撮影時における撮影者の体験取得を行う。また、取得したデータを JPEG 画像のコメントエリアに記述することで、体験の記録を行う。その後、取得したデータをペルチェ素子、モータなどのアクチュエータを利用してユーザの体感に直感的に伝達することで撮影時の状況を詳細に再現する。

さらに、本論文の手法を評価するために上記のアプローチを用いた exPhoto システムを実装し、撮影者が自分の写真を振り返る際の評価実験と、撮影者と被験者が異なり被験者が他者の写真を見た際の 2 つの評価実験を行った。その結果、exPhoto は既存の写真メディアよりもユーザが詳細な追体験を行えるとの評価を得た。よって、周辺環境とユーザの心理状態を記録する本手法は、ユーザの体験再現を行う写真メディアとしての高い有用性があると認められた。

キーワード

デジタルフォトメディア、ユビキタスコンピューティング、メタデータ、体験メディア、体験再現

慶應義塾大学 環境情報学部

橋爪 克弥

Abstract of Bachelor's Thesis Academic Year 2007

exPhoto: Digital photo media for recording and recreating user's emotional condition and surrounding environment

Summary

Nowadays, Digital Cameras are rapidly becoming pervasive presence in people's everyday life, so people can take pictures quickly and easily. Moreover, people can exchange the photographs by using online photo management and sharing application. The main purpose of the taking a photo is to recording and sharing user's experiences. Thus, research that uses photographs to reproduce user's experiences attracts researcher's attention. For example there is a research that supports user saving his experiences by adding temperature, sound, etc. as the Meta data of photographs.

However, such research and development only retrieve the data of the surroundings, and not going attention to user's feelings, which is an important factor of the experience. In addition, the way of reproducing user's experience is not done intuitively. Therefore, there is still a difference between the experiences of data and the user recorded with the camera. Because of this, viewer can't understand the surrounding environment, such as the sound, the temperature and the winds.

In order to solve this problem, we propose a digital photo media " exPhoto " for recording and recreating user's emotional condition and surrounding environment. ExPhoto system records the environmental information such as the user's heart rate, surrounding image, sound, and temperature, when taking a picture. The given data will be written in the comment of the JPEG file. When the user recalls the photograph, exPhoto Viewer recreates the image and the environmental sound. In addition, exPhoto Device expresses the temperature change and the pulse of photographer's heart by mortar vibration. The exchange, and sharing are enabled by using online photo management and sharing application, E-mail, and the infrared data communication.

We asked people to evaluate to the exPhoto system which records and reproduces surrounding environment and user ' s emotional condition. As a result, exPhoto was approved by participator as a re-experiencing user's experience system.

Keywords

Digital photography , Ubiquitous Computing , Meta-data , Experience Media , Experience Support

**Keio University Faculty of Environment and Information Studies
Katsuya Hashizume**

目次

第 1 章	序論	1
1.1	本論文の背景	2
1.2	本論文の概要	2
1.3	本論文の構成	4
第 2 章	写真メディアと体験再現	5
2.1	研究背景	6
2.2	写真撮影とその目的	6
2.2.1	撮影の感情的目的と機能的目的	6
2.2.2	撮影の主な目的	7
2.3	写真メディアと体験再現	8
2.3.1	本論文における体験の定義	8
2.3.2	既存の写真メディアと体験再現	9
2.4	問題意識	10
2.5	まとめ	12
第 3 章	周辺環境とユーザの心理状態を記録・再現するデジタルフォトメディア exPhoto	13
3.1	機能要件	14
3.1.1	周辺環境とユーザの心理状態の取得	14
3.1.2	取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録	15
3.1.3	記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現	15
3.2	本論文のアプローチ	16
3.2.1	カメラと複数のセンサを使った環境情報とユーザの心理状態の取得	17
3.2.2	取得したデータの JPEG 画像のコメント領域への保存	18
3.2.3	スライドショー表示手法とアクチュエータを用いた再現	19
3.3	関連研究	21
3.3.1	WillCam	21
3.3.2	SenseCam	21
3.3.3	Context Photography	21

3.3.4	LAFCam	22
3.3.5	Photo Chat	22
3.4	まとめ	23
第4章	exPhoto の設計	24
4.1	exPhoto の設計概要	25
4.1.1	ハードウェア構成	25
4.1.2	ソフトウェア構成	26
4.2	動作概要	27
4.2.1	カメラモードの動作概要	27
4.2.2	ビューアモードの動作概要	28
4.3	まとめ	28
第5章	exPhoto の実装	30
5.1	ハードウェアの実装	31
5.1.1	表示機器と計算機環境	31
5.1.2	心拍センサ	31
5.1.3	温度センサ	31
5.1.4	マイクロコントローラ	31
5.1.5	モータ, ペルチェ素子	32
5.2	ソフトウェアの実装	32
5.2.1	心理状態の抽出と再現	33
5.2.2	exPhoto Camera の実装	33
5.2.3	exPhoto Viewer の実装	34
5.2.4	exPhoto Device の実装	35
5.3	まとめ	36
第6章	評価実験	37
6.1	実験概要	38
6.1.1	撮影者と閲覧者が同じ場合	38
6.1.2	撮影者と閲覧者が異なる場合	40
6.2	評価実験結果の比較	43
6.3	まとめ	43
第7章	結論	45
7.1	課題	46
7.2	本論文のまとめ	46

目次

1.1	携帯電話の通信以外の利用動向	3
2.1	Flickr のタグ情報	7
2.2	RAW	10
2.3	SenseCam	10
2.4	StartleCam	11
2.5	時空間ポエマー	11
3.1	WillCam	22
3.2	SenseCam で撮影された画像	22
3.3	Context Photography	23
3.4	LAFCam	23
3.5	Photo Chat	23
4.1	ハードウェア構成	25
4.2	ソフトウェア構成	27
4.3	カメラモードにおける動作概要	29
4.4	ビューアモードにおける動作概要	29
5.1	実装した基盤	32
5.2	回路図	32
5.3	Vaio type u	32
5.4	指輪型パルスオキシメータ	32
5.5	upart	33
5.6	PIC16F88	33
5.7	ペルチェ素子	33
5.8	モータ	33
5.9	exPhoto XML	34
5.10	exPhoto Viewer	35
5.11	exPhoto	36

6.1	撮影者と閲覧者が同じ場合における評価実験の様子	38
6.2	撮影者と閲覧者が同じ場合における実験に使った評価用紙	41
6.3	SFC OPEN RESEARCH FORUM 2007	42
6.4	撮影者と閲覧者が異なる場合における実験に使った評価用紙	44

表目次

2.1	Kindergerg らによる写真撮影目的の分類	7
2.2	本論文における体験の定義	8
3.1	心理状態の抽出手法の比較	18
5.1	Vaio TypeU 仕様	35
6.1	撮影者と閲覧者が同じ場合における被験者の概要	39
6.2	撮影者と閲覧者が同じ場合におけるアンケート結果	39
6.3	撮影者と閲覧者が異なる場合における被験者の概要	42
6.4	撮影者と閲覧者が異なる場合におけるアンケート結果	42

第 1 章

序論

本章では，はじめに本研究の背景，目的について述べ，ついで，本論文の構成について述べる．

1.1 本論文の背景

近年，デジタルカメラやカメラ付き携帯電話の普及により，「いつでも」「どこでも」写真を撮ることが可能となった．図 1.1 の総務省の「平成 18 年の情報通信白書」 [34] によると，日本における携帯電話の通話以外の使用法として約 9 割の人がカメラを利用している．また，写真を見せる対象も友人や家族から，写真共有サイトを利用して全世界へと広がっている．写真共有サイトの普及は，人々が自身の体験を記録するだけでなく，多くの人たちと共有したいという思いを抱いていることの表れである．

そして，このような写真の共有を支援し人々の体験を伝えることを目的とした新しい写真メディアへの興味急速に高まっている [21, 2, 1]．例えば，写真に対して音や温度などのメタデータを付加し，撮影時の状況をより詳しくユーザに伝えることでユーザの体験伝達を後押しする研究が行われている．このようなユーザの体験を記録，解釈，利用する写真メディアの研究は今後もさらに進んでいくと予想される．しかし，既存の写真メディアでは体験を取得する際にユーザの心理状態の取得が欠如されており，また体験を人に伝える際に体験の直感的な伝達が考慮されていないといった問題点が存在する．

例えば，従来の写真メディアは撮影者が撮影時に興奮していた，感動したなどの情報を取得できず，また取得した情報の伝達もセンサデータの可視化や画像効果などに留まっている．そのために，写真メディアとして保存されているデータとユーザが撮影時に感じた体験との間には差が存在し，ユーザは写真を見て撮影時の体験を詳細に振り返ることができなかつた．この 2 点を考慮した体験記録，再現を行う写真メディアが実現すれば，ユーザはより詳細な体験の振り返りや共有が可能となる．

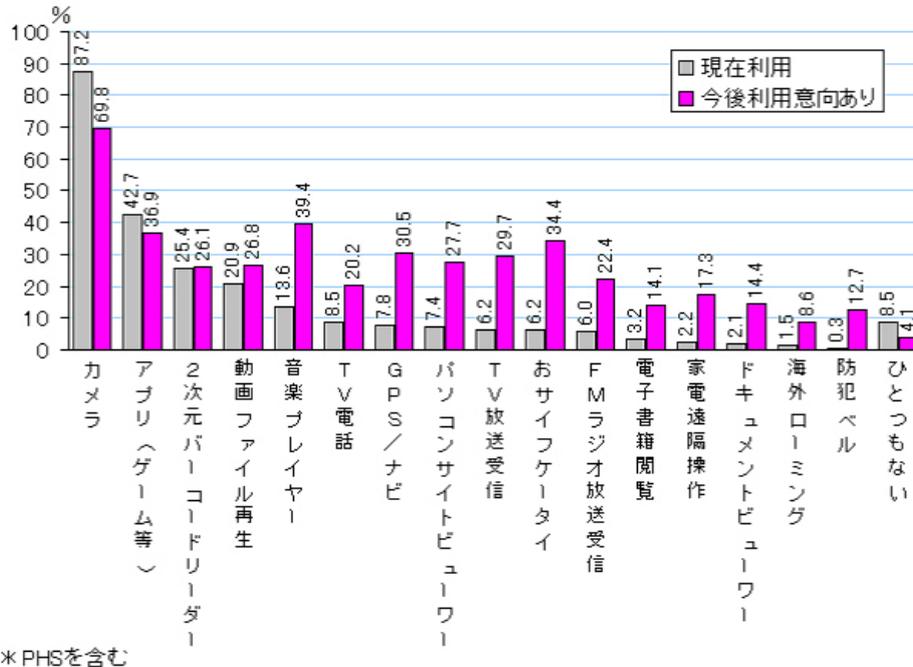
1.2 本論文の概要

本論文では，カメラに記録されたデータとユーザの体験との差を埋めるための手法として，ユーザの心理状態と周辺環境を記録・再現する手法を提案する．本手法では，カメラとセンサを用いてユーザの心理状態と周辺環境の取得を行う．そして，この取得したデータを画像に保存することで，交換，配布，共有を容易にする．また，写真メディアを振り返る際にユーザに対して直感的で分かりやすくユーザの心理状態と周辺環境を伝えることで，従来の写真メディアを用いた体験再現システムよりも詳細な体験の再現を行う．以下に本手法が実現する機能要件とアプローチをまとめる．

周辺環境とユーザの心理状態の取得

従来の写真では，ユーザが被写体を撮影した体験時にどのような心理状態であったかを写真を見る人は知ることができない．このため，撮影時の状況を詳しく知ることができず，体験時の臨場感や興奮度が伝わってこない．この問題に対応するために，カメラに記録された体験とユーザの体験

携帯電話の通信以外の利用機能と利用意向



(資料) 総務省「平成18年情報通信白書」(ユビキタス財利用状況調査による)

図 1.1 携帯電話の通信以外の利用動向

との差を埋めるには、周辺環境とユーザの心理状態をより正確に取得する必要がある。本研究では、カメラと複数のセンサを利用して撮影時の風景、温度、音、そしてユーザの心拍数を取得する。

取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録

撮影時の状況をより詳細に伝えるためには、取得した状況を記録しておく必要がある。撮影時の状況を記録するためには、音声や文章を利用してメモを残すことが一般的な手段である。しかし、撮影の度にメモを残すことはキー入力や立ち止まる必要があるために利用者の負担を増やしてしまう。また撮影者の主観により感じ方は異なるために、再現には客観的なデータの記録が必要である。本研究では、これらの問題点を解決するために、センサによりリアルタイムに情報を取得、記録することでユーザの負担を軽減する。また、撮影時のデータを記録するために JPEG 画像のコメントエリアに記述することでユーザの心理状態と周辺環境の記録を行う。

記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現

従来の撮影した画像の再現方法は、Picasa [15] や iPhoto [13] などのデジタル写真画像を管理するソフトウェアによって写真を振り返ることが多い。しかし、これらの写真管理ソフトを利用した再現や振り返りでは画像効果を使って、よりユーザに詳しく撮影時の状況を伝える手段などしかな

い．そのため，撮影時の状況が詳しく伝えられない場合が存在する．撮影時の状況を伝えるためには，ユーザに分かりやすい形で伝える必要がある．本研究では，このような問題点を解決するための手法として，ペルチェ素子やモータなどのアクチュエータを使い，ユーザの体感に訴えかけることで撮影時の状況を伝える．

1.3 本論文の構成

本論文は，本章を含め全 7 章から成る．第 2 章では，近年の写真メディアを考察し，本論文における体験を定義し既存の写真メディアと体験再現における問題点を整理する．第 3 章では，本システムの目的を述べ，機能要件を整理し本論文で採用するアプローチを述べ，カメラにより記録されたデータとユーザの体験の差を埋めるための手法を議論する．ついで，ユーザの心理状態と周辺環境を再現するデジタルフォトメディア exPhoto を提案する．第 4 章では，ユーザの心理状態と周辺環境を再現するデジタルフォトメディア exPhoto の設計について述べる．第 5 章では，exPhoto のプロトタイプ実装の概要を示し，実装の要点を述べる．第 6 章では，ユーザ評価実験を行い exPhoto システムの評価を行う．第 7 章では，本論文の結論と展望を示す．

第2章

写真メディアと体験再現

本章では、はじめに写真メディアの考察を行う。ついで、写真撮影とその目的を整理し、本論文における体験を定義する。その後、既存の写真メディアと体験再現の先行研究を参照し写真メディアと体験再現における問題点を導き出す。

2.1 研究背景

カメラ技術の向上やデバイスの小型化，写真を保存する記録媒体の大容量化にともない，デジタルカメラやカメラ付き携帯電話が日常生活に広く普及している．さらに，オートフォーカスや手ぶれ補正，写真のプレビュー機能等によりユーザは簡単に上手な写真を撮影できるようになった．そのため数多くの写真が撮影され，多くの人が撮影した写真を自分自身で見返し，友人や家族と共有している．また，インターネットの発達により，Flickr[19]などの写真共有サイトが広く利用されており，人々は自らが撮影した写真を全世界に公開し，共有している．

また，現在写真メディアに対してタグ付け（タギング）と呼ばれる，画像ファイルにタグをメタデータとして付加する行為が行われている．これは写真に対して，写っているものや撮影した場所，状況などを言葉や数字として付加していく手法である．代表的な例として Flickr では，ユーザが写真に”cat”などのキーワードをタグ付けして，閲覧する際にはタグをもとに検索やフィルタリングを行い，膨大な量の画像から条件に合う写真の検索を行っている．Flickr におけるタグ情報を図 2.1 に示す．

さらに，写真メディアにメタデータを付加することで，写真の記録や交換，配布，検索の支援を目的とした技術の研究開発が活発に行われている．例えば，現在のデジタルカメラやカメラ付き携帯電話では，撮影日時，撮影したカメラの情報，シャッタースピードなどがメタデータとして付与され写真撮影の補助を行っている．メタデータの利用により以前は記録できなかったさまざまなデータが保存可能となっている．例えば，センサデータやコンテキストをメタデータとして付加する技術が研究されている．これは，画像に音や温度データなどの情報を付加させることで撮影時の状況をより忠実に取得し，また取得したデータをもとに撮影時の状況を詳しく伝えることを目的としている．このように，現在では写真を撮影する行為が日常的に行われるようになり，またさまざまな写真メディアが誕生している．

2.2 写真撮影とその目的

本節では，写真撮影とその目的について先行研究をもとに整理を行う．ついで，人々の写真撮影における主たる目的を考察する．

2.2.1 撮影の感情的目的と機能的目的

Kindberg [22] や Nancy Van House [11] らは，人々が写真を撮影する目的を 1) 感情的 もしくは 機能的 2) 社会的 もしくは 個人的という 2 つの大きな指標をもとに，「他者との体験を共有」「他者とのタスクを共有」「その場にいらない友人や家族との共有」「その場にいらない人へのタスクの共有」「個人の記憶補助」「個人のタスクをメモ」の 6 つに分類している．Kindberg による写真の分類を表 2.1 に示す．Kindberg はカメラ付き携帯電話で撮影された約 300 枚の写真を収集し，そ



図 2.1 Flickr のタグ情報

の用途を表 2.1 にまとめた 6 つのカテゴリに分類した。その結果、約 8 割の写真が感情的な写真であるという結果を得た。また、感情的な写真のうち、社会的なものと個人的なものはほぼ同数であった。

表 2.1 Kindberg らによる写真撮影目的の分類

	個人的	社会的	
感情的	個人の思い出保存	他者との体験を共有	その場にはいない友人や家族との共有
例:	旅行の地図を撮影した写真	パーティの写真	家族の写真
機能的	個人のタスクをメモ	他者とのタスクを共有	その場にはいない人へのタスクの共有
例:	バスの時刻表の写真	展示会のポスターの写真	締め切りを知らせる時計の写真

2.2.2 撮影の主な目的

第 2.2.1 節で述べた Kindberg らの調査から、人々が撮影をする主な目的が他者と自分の体験を共有すること、そして自分の記憶補助を行うことであると分かる。この記憶補助には楽しかった場所の地図や、きれいな景色などのユーザが感情的に影響を受けた場所の写真を撮影し、保存することで自分の体験を記録することが含まれている。よって、撮影の主な目的は以下の 2 つにまとめることができる。

- 自らの体験を撮影により記録すること

- 記録した自らの体験を共有すること

つまり、機能的な目的であるタスクの共有やメモは二次的な目的であり、パーティや旅行の写真撮影し自分の体験として保存しておくことが主な目的の1つである。また、自分の体験を人に伝えたいという欲求のもとに写真を撮影する目的がもう1つの主な目的である。このように、写真を撮影する行為はユーザの体験と密接に結びついており、ユーザは自身の体験を記録し共有したいという欲求をもっている。

2.3 写真メディアと体験再現

本節では、写真メディアによる体験の記録と再現について述べる。第2.2節で述べたように、人々が写真を撮影する主な目的は、自身の体験を記録すること、また人に伝えることである。現在、写真メディアを用いて体験の記録や伝達を支援する研究が情報技術の分野においても盛んに行われている。本節では、はじめに本論文における体験の定義を行う。ついで、定義した体験をもとに既存の写真メディアを利用した体験再現を目的とする研究を述べる。

2.3.1 本論文における体験の定義

本節では、本論文における体験を定義する。写真メディアを利用して、体験の記録と再現を行うためには撮影時に、ユーザがどのように体験を認知したのかを考える必要がある。人々の体験については、人々の意識や思考を研究する脳科学や認知科学の分野において幅広く研究が行われている。認知科学の研究分野では、人々は、空間に存在する風景や環境音などの外的要因を経験により判断し、空間を認知すると一般的に述べられている。例えば、ユーザは風景や音などの周辺環境から影響を受け見たことのない景色や普段感じない音を聞いた際に、驚いたり感動したりといった体験を撮影時に抱く。

この体験を人に伝える場合、周囲の環境がどのようなものであったかを伝えるだけでなく、その時どう感じたのかを伝えることが多い。例えば、「遊園地に昨日行って楽しかった、新しくできたショッピングモールに行ったけれどつまらなかった」などと体験を人に伝える。よって、写真メディアを用いてユーザの体験を記録、再現するには、周囲の環境とユーザが感じたことの記録、再現が必要である。この2つを伝えることで、写真メディアを見る人は撮影時の状況をより知ることができ、臨場感のある写真メディアとなる。

よって、本論文における体験を以下の2つの要素の組み合わせと定義し、表2.2に示す。

表 2.2 本論文における体験の定義

周辺環境	風景・景色，環境音や，温度，明るさ，においなどの環境情報
ユーザの心理状態	撮影時に感じた周辺環境から受けた驚きや落胆といった感情

周辺環境の記録と再現

本論文で定義した周辺環境は、風景・景色、環境音や、温度、明るさ、においなどの環境情報である。環境情報は、センサや計算機器を用いることで、現在容易に取得することができる。具体的には、パーソナルエリアネットワークを利用して特定の範囲内の温度、照度などのデータを取得する手法が例として挙げられる。また、温度や明るさなどのセンサデータは数値化し扱うことができるために、記録や再現が比較的行きやすい。対して、においなどの数値化できない周辺環境は記録や再現が困難である。周辺環境の中で、数値化することができる環境情報や風景・景色などを記録、再現することで撮影時の周辺環境に近づけることが出来る。

心理状態の記録と再現

周辺環境に対して心理状態は定義が困難であり、また確立された抽出法が存在しないために利用することが難しい。本論文で定義した心理状態は撮影時に感じた周辺環境から受けた驚きや落胆といった感情である。また、感情は一般的に持続時間の違いから「情動」と「気分」に分けられることが多い。情動は持続時間が短く感情の強度が強いものであり、それに対して気分は持続時間が長く感情の強度が弱いものである [30]。写真撮影に関しては、旅先である風景を目にして驚きや快不快といった感情を抱き、この風景を写真に収めるといった例が考えられる。ここから、写真撮影における心理状態の取得は、撮影時の「情動」を記録することが可能である。先行研究から、情動の変化は皮膚抵抗、心電、体温などの生体反応に表れることが分かっている。よって、この情動の変化を生体反応から取得、記録することで撮影時のユーザの心理状態を記録することが可能となる。さらに、この情動の変化をユーザに伝えることで、撮影者がどの場所に影響を受け、驚きや快不快といった心理状態を得たのかといった心理状態の移り変わりを伝えることができ、体験を詳細に再現することが可能となる。

2.3.2 既存の写真メディアと体験再現

現在、体験再現を目的とした写真メディアの研究開発が盛んに行われている。例えば、写真に対して音や位置情報、また生体情報や温度情報をメタデータとして付加し撮影時の状況を伝える写真メディアがある。以下に詳細を述べる。

周辺環境を記録、再現する写真メディア

周辺環境を記録、再現する写真メディアとしては音や温度、位置情報を記録し再現を行うことでユーザの体験を詳細に伝えている。以下に、詳述する。

- 音の利用

Audiophotography [6] は、音声の断片を写真と結びつけることによってユーザが写真を見たときに、周辺環境の音を聞くことができる。また、RAW [5] では写真を撮影した前後の音を記録し新たな日常生活の記録方法を提案している。RAWによって撮影された画像を

図 2.2 に示す．音声は，写真が撮影された状況を伝達するための重要な要素であり，ユーザは写真を見たときに撮影時の状況を連想しやすくなる．

- 温度情報の利用

温度情報とカメラのメタデータを組み合わせた例として，Microsoft Research の SenseCam [9] が挙げられる．SenseCam を図 2.3 に示す．SenseCam では，撮影時に温度や湿度などの周辺環境を記録することで撮影時の状況の振り返りを行いやすくする．

- 位置情報の利用

また，メタデータとして位置情報も頻繁に用いられる．位置情報とカメラを利用した研究として時空間ポエマー [24] がある．時空間ポエマーを図 2.5 に示す．これは，カメラ付き携帯電話で撮影された写真を WebGIS の利用により共有することで，人々が時間と空間に潜む価値の発見，表現，共有する行為の支援を行っている．



図 2.2 RAW



図 2.3 SenseCam

心理状態を記録，再現する写真メディア

ユーザの心理状態を記録，再現する写真メディアとしては生体センサなどを用いることで撮影時の状態の記録を行い，再現時に記録した情報を用いることでユーザの体験を詳細に伝えている．以下に，詳述する．

- 生体情報の利用

また，バイタルセンサをカメラのメタデータとして利用する研究がある．代表的なものとして，StartleCam [8] が挙げられる．StartleCam を図 2.4 に示す．StartleCam はウェアラブルなカメラと生体センサを利用している．バイタルセンサの値が急激に変化した際に写真が撮影されるため，ユーザに影響を与えた突発的な出来事の撮影が可能である．

2.4 問題意識

第 2.3.2 節で述べたように，カメラとさまざまなセンサを利用して，メタデータに新たなデータを付加する研究がさまざま行われている．これらは，Kindberg らの分類における感情的である体験を記録した写真とユーザが記憶している体験との差を埋めることでユーザの体験をより詳細に伝えようとすることを大きな目的としている．しかし，多くのアプリケーションが研究者たちにより

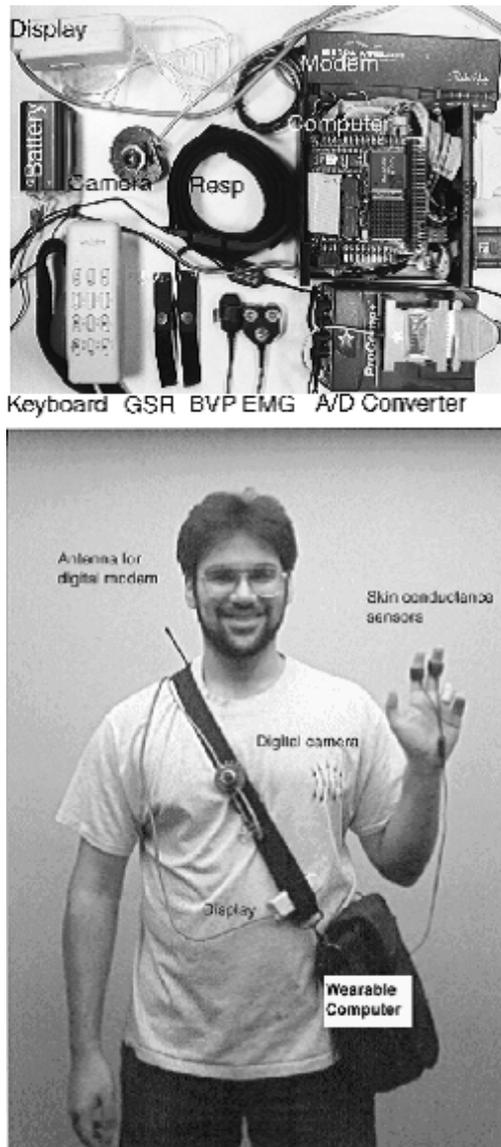


図 2.4 StartleCam



図 2.5 時空間ポエマー

実装されている一方で、未だに記録と記憶との差が存在している。この原因として、以下の2つの問題点が存在する。以下に詳述する。

- ユーザの心理状態取得の欠如
- 体験の直感的な伝達の不考慮

ユーザの心理状態取得の欠如

第2.4.1節で述べた既存の写真メディアは、温度や音などの周辺環境の記録や再現しが行っていない。例えば、SenseCamでは生体センサを利用しているが、生体情報は撮影のトリガに使われて

おり、ユーザの心理状態を記録するものではなく周辺環境を取得する支援として用いられている。体験を再現するには第 2.3 節で述べたように周辺環境だけではなく、ユーザの心理状態も記録することが必要となる。そして、ユーザが人に体験を伝えるためには、どのような環境であったか、どのように撮影時に感じたのかを伝えることでより詳細な体験伝達を行うことが出来る。この行為を支援する写真メディアを実装する上では、周辺環境だけを取得するのではなく、ユーザの心理状態を記録する必要がある。

体験の直感的な伝達の不考慮

周囲の環境を正確に取得できたとしても、それを再現時にユーザに分かりやすく伝える必要がある。第 2.4.1 節で述べた既存の写真メディアでは、さまざまなメタデータを取得、記録しているが伝達手法としてはセンサデータのグラフ化などに留まっている。この手法では、ユーザはグラフ化されたセンサデータから撮影時の状況を想像する必要がある。また、人によりグラフ化されたデータの見方や受け取り方が異なるために、伝わりにくい場合がある。

このように、従来の写真メディアと体験再現において上記の 2 点の問題点が存在するためにカメラに保存されているデータとユーザの体験との間には差が生じている。これらの問題点を解決することができれば、写真メディアを見た際により詳細な状況の伝達ができ、ユーザにとってより体験を伝えるための手助けとなる。

2.5 まとめ

本章では、はじめに写真メディアの考察を行い、ついで、写真撮影とその目的を整理し、本論文における体験を定義した。その後、現在の写真メディアと体験再現について関連研究を用いて考察し、写真メディアと体験再現における問題点として 1) ユーザの心理状態取得の欠如、2) 体験の直感的な伝達の不考慮の 2 つを導き出した。

第3章

周辺環境とユーザの心理状態を記録・ 再現するデジタルフォトメディア exPhoto

本章では、はじめに本システムの目的を述べ、ついで本システムの目的を達成するための機能要件をまとめる。その後、機能要件を達成するためのアプローチを述べ、カメラで記録されたデータとユーザの体験との差を埋めるための手法として撮影者の心理状態と周辺環境を記録・再現するデジタルフォトメディア exPhoto を提案する。最後に、本論文で挙げたアプローチをもとに先行研究を整理し、本研究の意義を示す。

3.1 機能要件

本システムの目的は、ユーザがカメラを用いて撮影したデータとユーザの撮影時の体験との間にある差を埋めることである。そして、この目的を達成するためには第 2.4.2 節にて挙げた 2 つの問題点 1) ユーザの心理状態取得の欠如, 2) 体験の直感的な伝達の不考慮を解決しなければならない。これらの問題点から導き出される、本論文において満たすべき機能要件は以下の 3 つである。ついで、詳細を述べる。

- 周辺環境とユーザの心理状態の取得
- 取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録
- 記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現

3.1.1 周辺環境とユーザの心理状態の取得

既存の体験再現を目的とした写真メディアにおける問題点として、1) ユーザの心理状態取得の欠如がある。第 2.3 節で述べたように、周辺環境の中には風景や音、温度、明るさ、人の存在などが含まれている。そして、撮影者はこの周辺環境から影響を受け楽しいや悲しいなどの体験を経験する。しかし、従来の写真メディアでは周辺環境とユーザの心理状態は取得できていない。人に詳細に体験を伝えるためには、周辺環境とユーザの心理状態の両方を取得し再現することで詳細な体験の伝達が可能である。また、この機能要件を達成する上で以下の 3 点を考慮しなければならない。

容易な情報の取得

プロのカメラマンやカメラに熟練した人は、写真を見ただけで音や動きなどの撮影時の状況が伝わる写真を撮影することができる。しかし、撮影時の状況を詳細に記録するには技術や経験を要するため、一般的なユーザは撮影後の写真を見て物足りなさを感じる人が多い。

例えば、文章やメモを利用し撮影時の様子を取得することができる。「京都に夏に遊びに行ったが、熱くて満足に歩き回ることができなかった。けれども、夜に聞いた荘厳な鐘の音はとても心に残った」などと blog やメモに記述することで、周辺環境やユーザの心理状態の記録が可能である。しかし、撮影時にメモを残すには立ち止まり、キー入力をする必要があるため煩わしい。撮影時の状況の詳細な伝達手法として、周辺環境とユーザの心理状態の取得、記録、再現をユーザが容易に行う必要がある。

客観的な状況の取得

また、主観的なデータの取得では人により状況や環境の感じ方、捉え方が異なるため再現が困難である。例えば、「熱い」と記録されたメモから撮影時の状況を再現する場合、何度の温度から影響を受け「熱い」と感じたかが分からない。同様に、「とても心に残った」といったメモから再現

する場合、ユーザにより感動の度合いが異なるために再現が困難となる。

リアルタイムなデータ取得

周辺環境とユーザの心理状態の取得は、リアルタイムに行う必要がある。例えば、旅行体験を綴る際に記録する手法として旅先から帰宅し Blog や SNS を利用し旅行体験の日記を書く行為が考えられる。しかし、帰宅後に体験を綴るには、撮影時の音やにおいなどの環境情報や、撮影時の心理状態に関する記憶が薄れている可能性が高い。よって、撮影した瞬間におけるリアルタイムなデータの取得が必要である。

3.1.2 取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録

既存の写真メディアと体験再現における問題点である 1) ユーザの心理状態取得の欠如と関係し、取得した情報を再現に利用するための正確な記録が必要となる。記録の形式や記録を行う時間が再現に適さないと、再現を行うに当たって体験の振り返りや伝達を行う際の支障となる。よって、取得した情報を再現に利用するための正確な記録が必要である。この機能要件には以下の 2 点の考慮すべき点が含まれる。体験記録の際の、時間と形式について以下に詳述する。

記録する時間の考慮

データの記録は取得に依存しており、撮影時のデータをどの瞬間に取得し、記録するかにより体験再現の結果が異なる。例えば、長時間のデータの記録は、再現時に重要なシーンの検出が困難となるために再現が面倒となる。よって、記録する時間を考慮する必要がある。

配布、交換が簡単な保存形式

第 2.1 節で述べたように現在の写真の利用方法には、写真を個人の体験記録として使うだけでなく家族や友人と電子メールや赤外線通信を利用して交換したり、Flickr などの写真共有サイトを通じて全世界に公開したりといった行為がある。よって、配布や交換が困難な記録形式は現在の利用手法に適しておらず、ユーザの体験共有を妨げることとなる。そのため、配布・交換が簡単な保存形式であることが必要である。

3.1.3 記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現

最後に、2) 体験の直感的な伝達の不考慮の問題点の解決をするために、記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現が必要である。周辺環境とユーザの心理状態を単に記録、再現するだけでなく、ユーザに分かりやすく直感的に伝えなければ写真メディアとユーザの体験との間には差が存在してしまう。この機能要件には、以下の 3 点の考慮すべき点が含まれる。

直感的な伝達手法

周辺環境とユーザの心理状態を再現し、詳細にユーザの体験を伝えるためには、直感的な伝達手法であることが求められる。周辺環境とユーザの心理状態を再現する手法としては、取得したセンサデータを用いて画像効果を加える手法とグラフ表示を行うなどのセンサデータを可視化する手法がある。画像効果を用いた手法では、ユーザにより画像効果の見方が異なるため、加工後の写真から撮影時の状況を理解できないといった問題点がある。また、センサデータの可視化を行う手法も同様にユーザのセンサデータの見方が異なるといった問題点がある。よって、直感的な伝達手法により撮影時の状況を伝えることが必要である。

取得時の状況の忠実な再現

周辺環境やユーザの心理状態を伝える手法として、画像効果、音の加工などがある。しかし、ユーザが写真を振り返る状況には、撮影後すぐではなく、長い時間が経過した後に振り返ることも考えられる。画像効果や音の加工を行うと、後で振り返った際に撮影時の風景、音と異なっているため、ユーザが撮影時の状況の回想が困難となる。よって、撮影時のデータに手を加えることは再現の妨げになるため、撮影時に取得したデータの忠実な伝達が再現には適している。

少ないユーザ負担

現在、カメラデバイスの小型化により、さまざまな時間や場所で多数の写真が撮影されている。そのため、数多くの写真をさまざまな時間や場所で再生するために適した手法が必要となる。例えば、ユーザの手で写真を切り替え続けることはユーザの負担が多く再現に適した手法ではない。また、再現時に特別な環境側の機器が必要である場合、ユーザは自分の好きな時に体験の再現を行うことができない。よって、ユーザが写真メディアを利用する際にユーザの負担が少ないことが必要である。

3.2 本論文のアプローチ

本節では、第 3.2 章で述べた機能要件を達成するために用いるアプローチを述べる。本論文ではアプローチとして、周辺環境とユーザの心理状態を記録・再現するデジタルフォトメディア exPhoto を提案する。exPhoto は、1) カメラと複数のセンサを使った環境情報とユーザの心理状態の取得を行い撮影時の状況を詳細に取得する。また 2) 取得したデータの JPEG 画像のコメント領域への保存を行うことで既存の写真利用法と同じように配布や共有を可能にする。また、3) 小型計算機器とアクチュエータを用いた周辺環境とユーザの心理状態の再現を行うことで、ユーザに対して分かりやすく直感的に撮影時の状況を伝えることで、カメラに記録されているデータをユーザの体験に近づける。それぞれのアプローチの詳細を以下に述べる。

3.2.1 カメラと複数のセンサを使った環境情報とユーザの心理状態の取得

本論文の機能要件である周辺環境とユーザの心理状態の取得を達成するために、カメラと複数のセンサを使うことで環境情報とユーザの心理状態の取得を行う。センサは1) ユーザの負担が少ない 2) 客観的な状況の記録が可能 3) リアルタイムなデータの取得が可能といった本論文の機能要件における考慮すべき点を達成しており、他の記録手法よりも優れている。例えば、音声やメモでは上記の3つの考慮すべき点を達成することはできない。以下に周辺環境とユーザの心理状態を取得するための具体的な手法について述べる。

カメラと温度センサを使った周辺環境の取得

周辺環境の中にはセンサにより取得が可能な情報と取得が不可能な情報が存在する。取得が可能な情報には、音、温度、湿度、明るさなどが含まれている。この情報を文章やメモを使い保存する手法は、ユーザの負担が増え、客観的な状況の記録が不可能である。本研究では、ユーザが容易に客観的な周辺情報の取得を可能とするために、カメラを利用して風景を取得し、センサを利用して温度と音を取得する。

また、周辺環境の情報を取得する手法として環境側に設置されているセンサを利用したセンサ情報の取得がある。例えば、徳田研究室の u-Photo [26] は Visual Marker を利用してセンサの場所を特定し、ネットワークを利用してセンサ情報を取得している。また、パーソナルエリアネットワークを利用して、環境側の情報を取得する手法などが存在する。これらの手法は環境側にセンサを設置する必要があり、またネットワーク環境が整備されていない場所では取得することが出来ない。これに対して、早稲田大学の中島研究室では複数のセンサを組み込んだウェアラブルデバイスを利用し、持ち歩くことでさまざまな場所でセンサ情報を取得することができるシステムを開発している [31]。このデバイスは、周辺環境の情報を取得する際に複数のセンサを組み込んだ端末を持ち歩くことで、センサ情報を取得している。本論文では、複数のセンサを搭載したウェアラブルなデバイスを用いることで周辺環境の取得を行う。

生体センサを使ったユーザの心理状態の取得

ユーザの心理状態の取得には、音声や文章としてのメモの保存、ユーザによるタグ付け、生体反応を利用した心理状態の抽出手法などが挙げられる。メモを用いて文章で取得する手法は、出来事に関して感じた体験を比較的容易にまとめる方法として優れている。ユーザは、「楽しかった」などとメモを残すことで、撮影時の心理状態の保存が可能である。しかし、撮影毎にメモを残すことはユーザの負担を増加させてしまう。

これに対して、生体反応を利用して感情を抽出する手法がある。慶応義塾大学徳田・高汐研究室の momo!システム [33] では、皮膚温や心拍数を取得するバイタルセンサを利用して感情の抽出を行っている。バイタルセンサを利用するメリットとして、リアルタイムに情報を抽出できる点が挙げられる。また、周辺環境は神経を通して生体にさまざまな影響を与えた際に、生体反応に変化が

あることが分かっている [36]。例えば，人々がストレスを感じたり，集中力が途切れたりした際に心拍数や脳波などに影響を及ぼすことが先行研究において述べられている。よって，本研究ではユーザの負担を考慮してバイタルセンサを用いてユーザの心理状態の抽出を行う。

心理状態を抽出するためのバイタルセンサとしては，脳波，心拍，皮膚温度，皮膚伝導率センサなどがある。表 3.1 にバイタルセンサを用いた心理状態の抽出手法についてまとめる。比較を行うための軸として，バイタルセンサによって取得できる情報，バイタルセンサを利用した際のユーザ負担，システムが検知できる変化量の3つを挙げた。はじめに，バイタルセンサによって取得できる情報としては，脳波，心拍，皮膚温度センサでは興奮やリラックスなどの情報が取得が可能である。また，皮膚伝導率センサによりストレスや緊張といった心理状態を取得することができる。しかし，これらの情報は心理状態の一部にすぎないため，心理状態の取得としては不十分である。ついで，本研究の機能要件であるユーザの負担を考慮する必要がある。心拍，皮膚温度センサは小さく，ユーザが手軽に身につけることができる。しかし，脳波，皮膚伝導率センサは本研究の想定として考えられる旅行時では，装着が困難であり，またセンサが大きいためにユーザの負担が増加してしまう。最後に，システムが心理状態を検知するためには，バイタルセンサを利用した際のデータの変化量が大きいことが望ましい。脳波や心拍センサは変化量が大きいため，ユーザの心理状態の変化を検知することが容易である。それに対して，皮膚温度，皮膚伝導率センサは変化量が小さいために検知を行うことが困難である。

以上のことから，本研究ではユーザ負担とデータの変化量を考慮して心拍センサを用いて心理状態の抽出を行う。そして，心拍数センサを用いた心理状態の抽出によりどれほどの心理状態の抽出が行えるかを評価を行う。

表 3.1 心理状態の抽出手法の比較

	取得できる情報		ユーザ負担		変化量	
脳波	興奮やリラックス		大きい	×	大きい	
心拍	興奮やリラックス，快・不快		小さい		大きい	
皮膚温度	興奮やリラックス		小さい		小さい	×
皮膚伝導率	ストレスや緊張		大きい	×	小さい	×

3.2.2 取得したデータの JPEG 画像のコメント領域への保存

本論文の機能要件である取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録を達成するために，取得したデータの JPEG 画像のコメント領域への保存を行う。また，機能要件において述べた取得のタイミングについては，撮影した瞬間のセンサデータを記録する方法，撮影前後の一定時間センサデータを記録し続け平均を取る方法，一定時間取り続けた値をすべて保存し，再現側で再現時に記録したデータを選択する方法などが挙げられる。本論文では，撮影時の状況の取得・再現が目的であるため，平均や再現側でデータの調整を行うのではなく，カメラを利用してシャッターを押した

瞬間のセンサデータを記録する．この手法により前後のデータは記録が不可能だが，ユーザが重要だと感じ特徴的な体験と判断した撮影時のタイミングの周辺環境やユーザの状態を記録することができる．

また，本研究では撮影されたセンサデータを XML 形式により記述し，JPEG 画像のコメント領域に保存する．この保存形式は，JPEG 画像に全てのセンサデータが記述されているため簡単に配布や交換が可能であるという利点がある．現在，カメラ付き携帯電話の普及により手軽に写真を撮影することが可能である．また，多くの携帯電話に内蔵されている赤外線通信やメール通信機能を用いて，友人や家族と旅先で撮影した写真を直ぐさま送ることができるようになった．JPEG ファイル形式は，多くの携帯電話やデジタルカメラでサポートされているために，上記の使い方が可能なため多くのユーザの間で交換や配布が出来る．よって，JPEG 画像にセンサデータを保存することで取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録を行う．

3.2.3 スライドショー表示手法とアクチュエータを用いた再現

取得したセンサデータをもとに周辺環境とユーザの心理状態を再現するために，本研究では小型計算機とアクチュエータを用いた再現を行う．小型計算機により風景と音を再現し，撮影時の温度とユーザの心理状態の変化を振動に変換し，アクチュエータにより伝えることでユーザはさまざまな場所や時間で記録された体験を振り返ることができる．第 2.4 節で述べたように，ユーザが体験を認知するプロセスとしては，周辺環境の認識を行い，その情報を取り入れ自分の経験をもとに体験として判断をする．よって，撮影時の体験を再現するためには撮影時の状況を再現することが望ましいと考える．以下に取得した各々のデータを再現する手法の詳細を述べる．

携帯端末を用いた情報の伝達

取得した心理状態や周辺環境を再現する手法として，環境側のテレビやエアコン，照明などのアクチュエータを用いて再現する方法がある．ユーザが写真を撮影した場合に，その場で他者に見せたり，外出時や旅先などで写真を振り返ったりといった場面が存在する．さらに，現在ではデジタルカメラやカメラ付き携帯電話の流行にともないこのような場面が特に多くなっている．よって，このような状況に対応するために，環境側では特別な機器を要さず，再現を行うデバイスは持ち運びができるものが適している．

スライドショー再生による風景の再現

本論文では，写真の表示手法としてはスライドショーによる写真の再生を用いることで，ユーザの負担を減少させる．スライドショーは自動的に順次写真を掲示するために，時間の変化や状況の変化などがユーザに伝わりやすい．特に，ユーザの心理状態の変化は一定ではなく変化があるために，スライドショーの表示により次第に興奮していく様子が分かる．また，自動的に写真の再生が行われるためにユーザの負担が少なく，多数の写真を再生する手法として適している．よって機能要件における達成すべき点，ユーザの負担がすくないことを達成することができる．

取得時の環境音の再現

音の伝達には、コンテキストやセンサデータを音に落とし込む手法 [7] や、音に対してチューニングを行ったり、ノイズをかけたりする方法がある。撮影された画像は撮影後すぐ振り返る場合だけではなく、長い時間が経った後に振り返るといった場面が考えられる。そのため、このような音の加工は後に振り返った際に撮影時の状況と異なっているために回想が困難になる。よって、効果は加えずに撮影時に取得したデータをそのまま伝達することが再現には適しているため、本研究では取得した音に手を加えずに再生することで撮影時の状況を伝える。これにより、機能要件の中の取得時の状況を忠実に再現することを達成する。

アクチュエータを使った温度の再現

温度の伝達手法には、エアコンや扇風機などの周辺機器を動作させ環境の温度を変える、視覚的な温度の表現などがある。しかし、これらの再現手法は再現温度に近づけるために時間がかかったり、理解しづらかったりするために直感的な伝達手法であることを達成することができない。よって本研究では、デバイスを通じてユーザの触覚に温度を伝えることで直感的に撮影時の状況を伝える。例えば、北陸先端科学技術大学院大学の Lovelet [37] や慶応義塾大学のぬくもりキー [35] などはデバイスを通してユーザに温度を伝えることで直感的に温度を伝えている。よって、本研究では撮影時に取得した温度をアクチュエータにより再現し、ユーザの触覚に訴えかけることで撮影時の状況を再現する。

振動を使ったユーザの心理状態の再現

本研究では、ユーザの心理状態の再現手法として、記録したバイタルセンサのデータを振動に変換しユーザに伝えることで記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現の機能要件を達成する。ユーザの心理状態の変化は、撮影した写真メディアを利用する人にわかりやすい形で伝えられる必要がある。振動などの体感人は人間の触覚に直接に訴えかける刺激であるためにユーザに伝わりやすい。例えば、Sony の Play Station [17] ではコントローラにモータを内蔵し、振動をゲーム内での仮想世界との一体感を演出し、臨場感を高めるための効果として利用している。また、携帯電話においても振動は、電話やメールの着信をユーザに直感的に伝えるために利用されている。ユーザの心理状態の変化の伝達を行う別の方法としては、音や文章によって表現する方法がある。

本研究では、これらの再現手法について予備実験を行った結果、音により伝える手法はユーザにとって煩わしさを増やすという問題点があった。また文章による心理状態の変化は直感的ではなく画像を見るユーザに伝わりにくいことが分かったため、振動を利用してユーザの心理状態の再現を行う。

3.3 関連研究

本節では、カメラで記録されたデータとユーザの体験との差を埋めることを目的とした研究を挙げ、exPhoto によるアプローチと比較を行う。

3.3.1 WillCam

慶応義塾大学の安村研究室が行っている WillCam [28] は、写真撮影時に、コンテキスト情報を取り込みその情報を Visual Exif という情報で視覚化している。WillCam を図 3.1 に示す。そして、その視覚化されたコンテキストを含む写真に対してユーザが興味の対象を強調可能にすることで、どのような意図で写真を撮影したのかを見る人に理解してもらうことができる。WillCam では、コンテキストとして撮影者、温度、湿度、音などを記録しており exPhoto と同じようなコンテキスト抽出手法を行っている。WillCam は、本研究の機能要件として取り上げている環境情報の取得、記録などは達成しているが、再現手法として撮影した画像に VisualExif の投影に留まっている。そのため、どのような状況であったかを知るきっかけとなるが、温度などのデータをグラフ表示しているだけではユーザにとって伝わりにくい。

3.3.2 SenseCam

Microsoft Research が研究を行っている SenseCam は、カメラとセンサを用いて人々の出来事の記録を行っている Life Log カメラである。SenseCam で撮影された写真を図 3.2 に示す。ユーザがウェアラブルデバイスを身につけることで、SenseCam が1日の出来事の写真とセンサデータの値を記録している。そして、記録されたデータをユーザが振り返ることで日々の活動の記憶の補助を行っている。SenseCam に限らずカメラやウェアラブルなデバイスを通して人間の外部の記憶補助や日々の出来事の記録を行う Life Log の研究が現在盛んに行われている [10, 25]。SenseCam では、実際に記憶障害の被験者に対して実験を行っており、その結果記憶を思い起こす支援ができたと述べている。SenseCam では音や温度、光のレベルの変化を撮影のトリガにしているために、特徴的な状況の撮影に適している。しかし、撮影したデータの表現方法としては写真の表示にとどまっており直感的な再現を行うことができていない。

3.3.3 Context Photography

Viktoria Institute Future Applications Lab. が行っている Context PhotoGraphy [12, 20] は撮影時のコンテキストを取得するという点で exPhoto と同じである。Context PhotoGraphy を図 3.3 に示す。コンテキスト情報としては音と動きを取得するアプリケーションをカメラ付き携帯電話上で実装している。そして、取得したコンテキストを伝えるためにコンピュータグラフィックス技術を用いて、撮影した画像に視覚効果を与えることを行っている。例えば、人が大声を出して

いる写真を撮影すると、撮影した結果の写真には大声を出している人の周辺がぶれたり、色の補正をかけたりなどの効果を与えている。視覚的にコンテキストを表現することで撮影時の状況の伝達を行っているが、画像効果を与えた写真とユーザがその時感じていた環境との差があるということがユーザ調査の結果述べられている。これは、ユーザによりその時の状況の感じ方が異なるからであると筆者は述べている。視覚効果により撮影時の状況を表す方法は人により見方や感じ方が異なるために、撮影時の状況を詳しく伝達することができない。

3.3.4 LAFCam

MIT Media Lab. が行っている LAFCam [23] プロジェクトは、ホームビデオを記録し編集するシステムである。LAFCam を図 3.4 に示す。ホームビデオを撮影する時は、多くの場合で撮影者と編集者が同じ傾向がある。ビデオによる映像の記録はデータの量が多くなるために編集作業を行うときに重要なシーンや状況を後から探し出すことに手間がかかる。LAFCam ではカメラを操作する人に皮膚伝導率を測定するウェアラブルデバイスを身につけてもらい、撮影者の笑ったシーンにインデックスをつけることで、後から編集を容易にすることを可能にしている。これにより、ビデオカメラが撮影者の感情のデータを認識し、記録することで撮影者にとっておもしろい状況だけを自動編集することができる。ユーザの心理状態の抽出を行うことは本研究と同じだが、周辺環境の記録が風景の撮影だけにとどまっており撮影時の状況の再現には不十分である。

3.3.5 Photo Chat

京都大学が行っている Photo Chat [29] は、各ユーザの「視点」に互いに「書き込む」メタファを導入した、複数のユーザ間の体験共有を介したコミュニケーションを支援するシステムである。Photo Chat を図 3.5 に示す。Photo Chat は、各ユーザが撮影した写真とその上への書き込みをネットワーク上でリアルタイムに共有することができる。例えば、Photo Chat はデジタルカメラのように写真を撮影し、その場で友人などと共有をすることができる。また、写真に書き込んだ



図 3.1 WillCam



図 3.2 SenseCam で撮影された画像

メッセージを他のユーザが見ることで、どのような意図で撮影したのか、どのように感じていたのかなどを伝えることができる。Photo Chat は、ユーザの心理状態が含まれている写真メディアでありユーザの体験を伝える補助を行っている。しかし、取得したデータの伝え方として周りの環境がどうであったのかは伝わってこない。そのために、ユーザは文字などから周辺環境を想像する必要がでてくる。

3.4 まとめ

本章では、はじめに、本研究における exPhoto システムの目的を述べ、ついで目的を達成するための機能要件として 1) 周辺環境とユーザの心理状態の取得、2) 取得した周辺環境とユーザの心理状態の記録、3) 記録した周辺環境とユーザの心理状態の直感的な再現を導き出した。ついで、これを達成するためのアプローチとして、1) カメラと複数のセンサを使った環境情報とユーザの心理状態の取得、2) 取得したデータの JPEG 画像のコメント領域への保存、3) スライドショー表示手法とアクチュエータを用いた再現を述べた。その後、exPhoto の概要を述べ関連研究をまとめ、既存研究との比較、考察することで本研究の意義を示した。



図 3.3 Context Photography

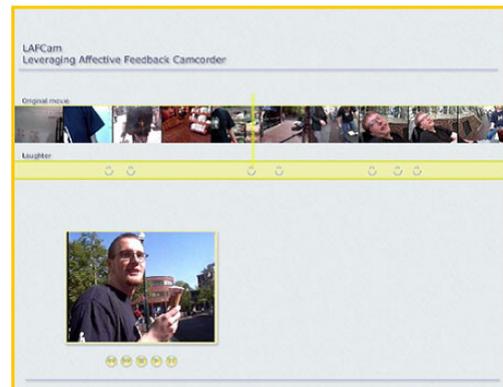


図 3.4 LAFCam



図 3.5 Photo Chat

第4章

exPhoto の設計

本章では、ユーザの心理状態と周辺環境を記録・再現するデジタルフォトメディア exPhoto を設計する。exPhoto は、センサデータや画像の記録を行うデータ記録機構，利用者に画像や情報の掲示を行うビューア機構，アクチュエータに対して操作命令を行う環境再現機構から構成される。はじめに，exPhoto の全体の設計をハードウェア，ソフトウェアの双方について述べる。ついで，exPhoto の動作概要を述べる。

4.1 exPhoto の設計概要

本節では，exPhoto の構成をハードウェア，ソフトウェアの双方について述べる．ハードウェア構成では，exPhoto で利用する機器を挙げ，各機器の機能を述べる．ソフトウェア構成では，exPhoto を構成する各機構を挙げ，それらを構成する各モジュールの機能を述べる．

4.1.1 ハードウェア構成

本項では，exPhoto のハードウェア構成について述べる．exPhoto のハードウェア構成は，画像の表示，カメラによる撮影，音の取得と再生を行い，またモジュール群を動作させるための計算機，ユーザの心拍数を取得や，温度の取得を行うセンサ郡と，ユーザに撮影時の状況を伝えるためのアクチュエータ郡から成る．ハードウェア構成を図 4.1 に示す．音や画像の取得には，計算機器に内蔵のカメラとマイクを利用することにより exPhoto の小型化をはかることができる．センサ群から計算機器までの通信には，IP ネットワークと無線通信により通信を行う．また，計算とアクチュエータとの通信には，シリアル通信，IP ネットワーク通信，無線通信などが考えられる．exPhoto は，携帯電話と同じようにユーザが手軽に持ち運びできることを目指しているためアクチュエータとの間で無線通信を行うことによりデータの送受信を行う．

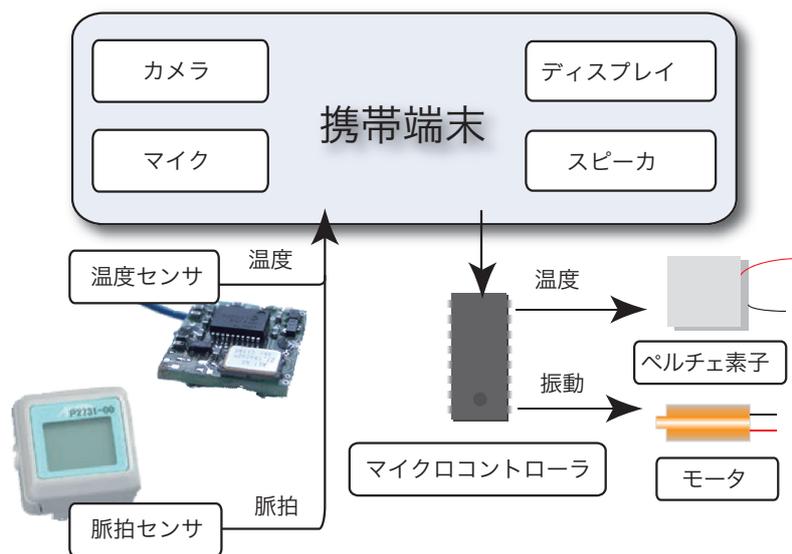


図 4.1 ハードウェア構成

4.1.2 ソフトウェア構成

本項では、exPhoto のソフトウェア構成について述べる。exPhoto は、大きく分けてデータ記録機構、ビューア機構、環境再現機構の3つにより構成され、各モジュール間でデータの受け渡しを行っている。図 4.2 に exPhoto のソフトウェア構成図を示す。以下にそれぞれの機構の概要を述べる。

データ記録機構

データ記録機構は、カメラとセンサ群から受け取った画像およびセンサデータを取得し、記録する役割を果たす。データ記録機構を構成するモジュールは、センサ群、センサデータ受信モジュール、センサデータ記述モジュールにより構成される。センサ群は、ユーザの心拍数を取得するために使われる心拍センサと温度を測定する温度センサ、そして音を記録するマイクで構成される。センサデータ受信モジュールは、センサ群からのデータを受信し、撮影時に受信したセンサデータをセンサデータ記述モジュールに送信する。センサデータ記述モジュールは、センサデータ受信モジュールから受け取ったセンサデータの記述を行う、センサデータの記述には XML を利用し撮影日時、各センサデータを記述する。そして、記述が行われた XML は JPEG 画像のコメント領域に保存される。その後、exPhoto メディアとして計算機器に保存される。

ビューア機構

ビューア機構は、カメラの起動を行い、また撮影された画像を振り返るためのビューアとしてユーザに写真の表示を行う役割を持つ。ビューア機構を構成するモジュールは、画像を撮影するためのカメラモジュールと撮影された画像を振り返るためのビューアモジュールの2つである。カメラモジュールは、画像の撮影を行う役割を果たし、撮影された画像はデータ記録機構により exPhoto メディアとして保存される。画像の振り返りを行うためのビューアモジュールは、撮影画像の表示をスライドショーにより行うとともに、表示可能なアルバムのサムネイルを表示する。

環境再現機構

環境再現機構は、ビューアで再生された画像のコメントエリアに含まれているセンサデータの解析を行う役割に加え、アクチュエータに命令を送り、アクチュエータが動作を行う役割を果たす。環境再現機構は、センサデータ解析モジュール、データ変換モジュール、アクチュエータ群の3つで構成される。センサデータ解析モジュールは、画像の再生を行うビューアモジュールにより表示された JPEG 画像のコメント領域に保存されている XML を取得し、解析することで撮影時のセンサデータを取得する。センサデータ変換モジュールは、センサデータ解析モジュールから受け取ったセンサデータをアクチュエータ群のデバイスを動かすための操作命令に変換する役割を果たす。アクチュエータ群は、ユーザの心理状態を伝えるためのモータデバイスと、周辺環境の一部である温度を再現するためのペルチェ素子、またデータ変換モジュールを受け取りデバイスに動作命

令を送るためのマイクロコントローラで構成される。

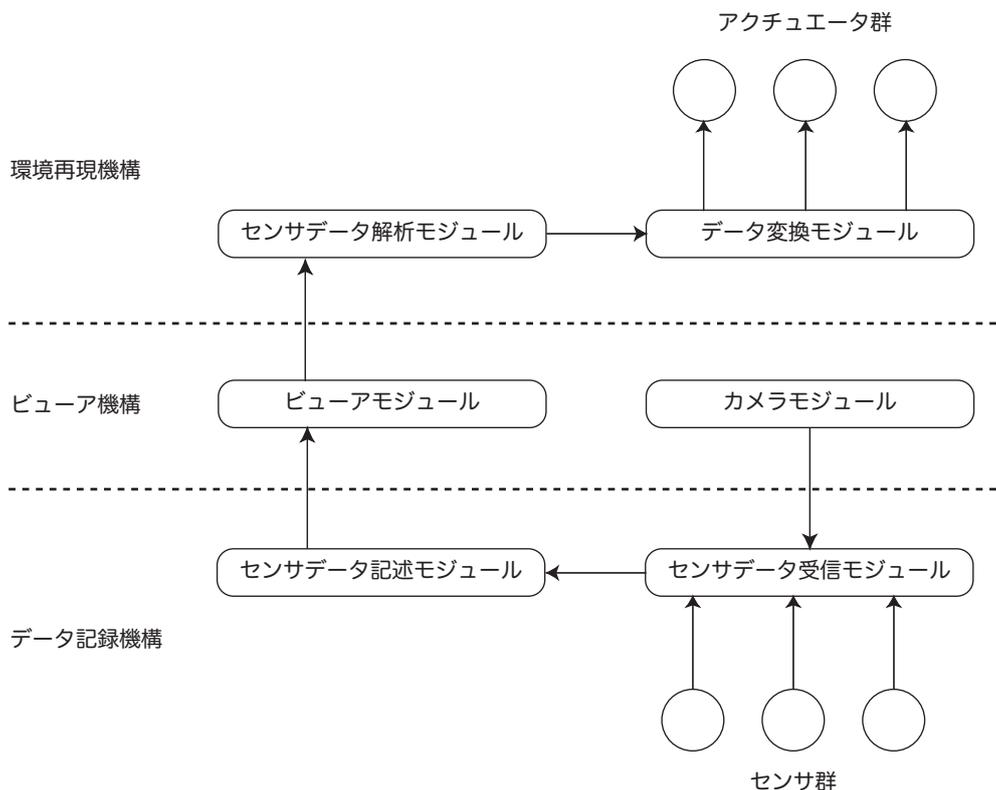


図 4.2 ソフトウェア構成

4.2 動作概要

本節では、exPhoto の動作概要を述べる。exPhoto の動作は大きく 2 つに分けられる。1 つ目が、画像の撮影をトリガとしてセンサ群がセンサデータの受信を行い、計算機器に送りデータの記録を行うカメラモードである。2 つめがユーザの操作にあわせて、撮影された exPhoto メディアからデータの取得を行いアクチュエータに対して操作命令を行うビューアモードである。以下にそれぞれの動作概要図を示し、詳細を述べる。

4.2.1 カメラモードの動作概要

本項では、exPhoto におけるカメラモードの動作概要について述べる。カメラモジュール、センサ群、センサ群からセンサデータの情報を取得するデータ受信モジュールと、センサデータ記述モジュールとの間で行われるデータの流れについて図 4.3 に示す。ビューア機構のカメラモジュールにおいて、ユーザのシャッターが押された瞬間にカメラモジュールはセンサデータ受信モジュールに対してセンサデータの受信要求を行う。また、同時にカメラモジュールはセンサデータを記述

するためにセンサデータ記述モジュールに対して画像を送信する．センサデータ受信モジュールは，カメラモジュールからの命令を受け，センサ群に対して同様に受信要求を行いセンサデータの取得を行う．ついで，データ受信モジュールはセンサデータをセンサ群から受け取ると，センサデータ記述モジュールに対してセンサデータを送る．センサデータ記述モジュールでは，受け取ったセンサデータを JPEG 形式の画像ファイルである exPhoto メディアのコメント領域に XML データとして記述を行い，exPhoto メディアを生成する．

4.2.2 ビューアモードの動作概要

本項では，exPhoto におけるビューアモードの動作概要について述べる．ビューアモジュールで画像を表示し，その画像に保存されているセンサデータの解析を行いアクチュエータに操作命令を送るまでの一連の流れを図 4.4 に示す．ビューアモジュールによって表示された exPhoto メディアは，同時に環境再現機構の中のセンサデータ解析モジュールに送られる．そして，センサデータ解析モジュールで exPhoto メディアのコメント領域に保存されている XML データを解析することで，温度と脈拍のセンサデータを取り出し，また音が保存されているパスの取得を行い，センサデータの値をデータ変換モジュールに送る．データ変換モジュールでは，受け取った値をアクチュエータの動作のための命令に変換する．そして，アクチュエータに対して無線通信により動作命令をマイクロコントローラに対して送信する．命令を受け取ったマイクロコントローラは，アクチュエータ群に対してアクチュエート命令を送ることでアクチュエータが動作を行う．

4.3 まとめ

本章では，ユーザの心理状態と周辺環境の記録、再現を行う体験再現である exPhoto を設計した．はじめに，exPhoto のソフトウェアの設計として，exPhoto がセンサデータの記録を行うセンサデータ機構，画像の表示を主に行うビューア機構，アクチュエータとの通信を行うための環境再現機構から構成されることを述べた．ついで，exPhoto のハードウェアの設計として，exPhoto がカメラや音を取得し，画像を表示する機器，モジュール群を動作させる計算機，周辺環境を取得するセンサ群を利用することを述べた．その後，exPhoto の動作概要を述べた．

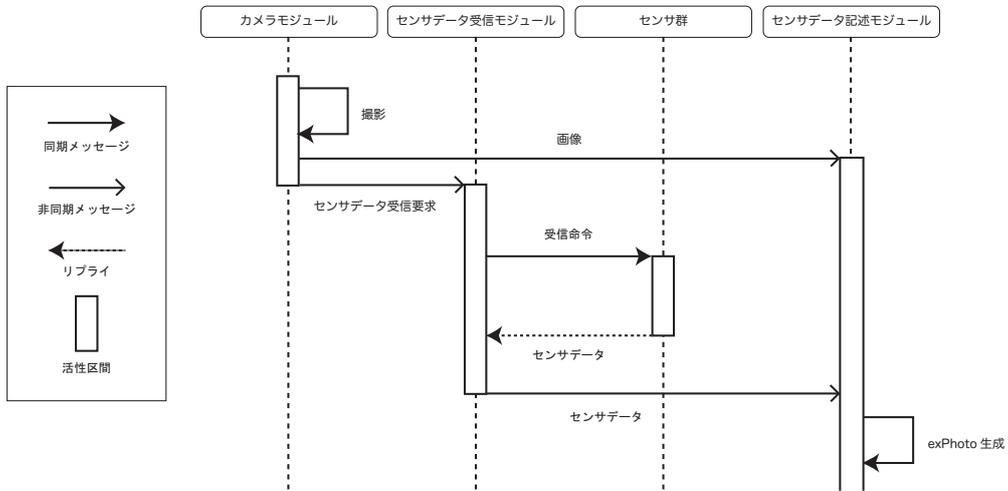


図 4.3 カメラモードにおける動作概要

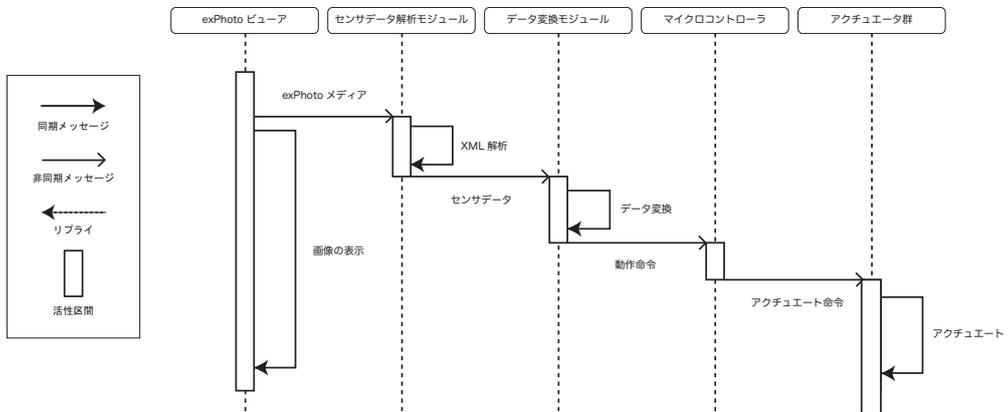


図 4.4 ビューアモードにおける動作概要

第 5 章

exPhoto の実装

本章では，ユーザの心理状態と周辺環境を記録，再現するデジタルフォトメディア exPhoto のプロトタイプ実装について述べる．プロトタイプ実装では，センサ群として，指輪型パルスオキシメータと upart を利用し，JAVA 言語を使用してソフトウェアを実装し，アクチュエータとして利用する PIC の実装に C 言語を用いて実装した．はじめに，ハードウェアの実装について述べる．ついで，ソフトウェアの実装について述べる．

5.1 ハードウェアの実装

第 4.1.2 項で述べたように, exPhoto のハードウェア構成は, 各モジュールを動作させる計算機, 周辺環境とユーザの心拍数を取得するセンサ郡, ユーザにデバイスを通して撮影時の状況を伝えるアクチュエータ郡から成る. 本節では, プロトタイプ実装で利用したハードウェアについて述べる. 図 5.1 にプロトタイプ実装の概要図を示す.

5.1.1 表示機器と計算機環境

プロトタイプ実装では, 画像の撮影と表示, 音の取得と再生, またソフトウェアモジュール群を動作させる計算機として持ち運びができ, さまざまな場所で写真を撮影できるように PDA 端末の Vaio Type U を利用した. Vaio TypeU を図 5.3 に示す. Java 実行環境にはサンマイクロシステムズ株式会社が開発した VM [18] を用いた. 主な計算機のハードウェア, および, ソフトウェア仕様を表 5.2.2 にまとめる. 画像の撮影には, Vaio type U に内蔵するカメラを用いた, ついで音の取得には vaio type u に内蔵のマイクを利用して取得を行った.

5.1.2 心拍センサ

プロトタイプ実装では, ユーザの負担を減らすためにウェアラブルな心拍センサを用いた. 心拍センサはエムシーメディカル株式会社の指輪型パルスオキシメータを利用した. 図 5.4 に心拍センサを示す. 指輪型パルスオキシメータは無線通信を使うことによりセンサデータを計算機器が受信している.

5.1.3 温度センサ

温度の取得には, University of Karlsruhe で開発が行われている小型センサノード upart [4] を利用した. 図 5.5 に upart を示す. upart は IP ネットワーク通信を用いることで, 計算機器がセンサデータの受信を行うことができる. また, upart はネットワークを通して温度のデータを送信するためにネットワーク環境が整備されていない場所では計算機器が温度のデータを取得することができない. そのため, ネットワーク環境が整備されていない場所で温度を取得するために温度センサを製作した.

5.1.4 マイクロコントローラ

プロトタイプ実装では, vaio type u とアクチュエータを通信させ, アクチュエータの動作命令を行うために Microchip 製 [16] の PIC16F88 を利用した. PIC16F88 を図 5.6 に示す. PIC(Peripheral Interface Controller) は, コンピュータの周辺に接続される周辺機器との接続部分を制御するために開発された「マイクロコントローラ」と呼ばれる IC の一種であり, 比較的安

備かつ高速なマイクロコントローラである．PIC にプログラムを書き込むために，CCS, Inc. 製の CCS C コンパイラ [14] を用いた．図 5.2 に今回設計した回路図を示す．

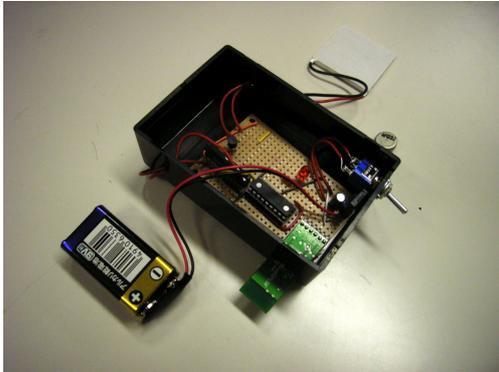


図 5.1 実装した基盤

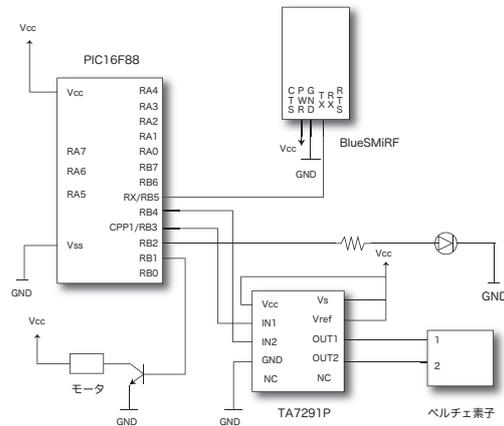


図 5.2 回路図

5.1.5 モータ，ペルチェ素子

プロトタイプ実装では，アクチュエータとしてモータとペルチェ素子の2つを利用した．今回利用したモータを図 5.8 に示す．また，温度を伝えるためのデバイスとして最大電流 6A，最大使用電圧 15.4V のペルチェ素子を利用した．図 5.7 に今回利用したペルチェ素子を示す．



図 5.3 Vaio type u

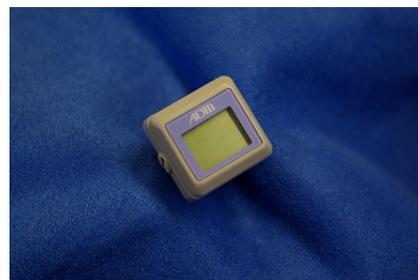


図 5.4 指輪型パルスオキシメータ

5.2 ソフトウェアの実装

本節では，第 4.1.1 で述べた exPhoto を構成する各モジュールをまとめる exPhoto カメラ，exPhoto ビューワ，exPhoto デバイスそれぞれの実装の要点を述べる．

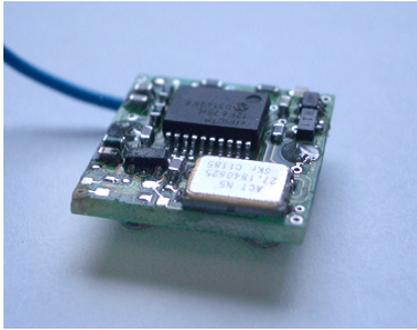


図 5.5 upart



図 5.6 PIC16F88

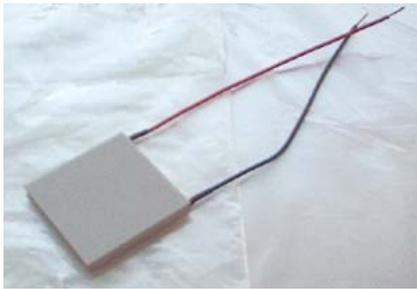


図 5.7 ペルチェ素子

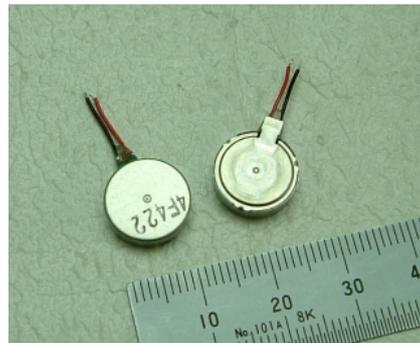


図 5.8 モータ

5.2.1 心理状態の抽出と再現

本実装では、心理状態の抽出手法として心拍センサを用いた心拍数の取得を行っている。取得を行うタイミングは撮影者がシャッターを押した瞬間の心拍数の記録を行っている。しかし、心拍数は人により基準心拍数の差が存在する。よって、撮影者が撮影した一連の写真から JPEG 画像のコメント領域に記録されている心拍数を抽出し、心拍数の平均を求めることにより基準心拍数の取得を行っている。また、基準心拍数からの分散と偏差を求めることで、ある写真を撮影した瞬間が基準心拍数からどれだけ離れているかを取得し、再現の際にモータの速さとして変換を行っている。

5.2.2 exPhoto Camera の実装

本研究におけるデータ記録機構とカメラモジュールが動作する携帯プラットフォームとして exPhoto Camera を作成した。exPhoto Camera は SONY の小型ラップトップ PC である Vaio typeU 上で動作する。Vaio TypeU の使用を表 5.2.2 で示す。カメラモジュールによって撮影された画像はデータ記録機構に送られ exPhoto メディアとして生成される。データ記録機構における、

JPEG 形式の画像ファイルである exPhoto メディアのコメント領域に XML 形式で記述されている情報を記述する。以下で、タグの記述内容を説明する。また、図 5.9 において実際に記述した内容を示す。

また、音の取得は Camera モードが起動してから音の録音を開始する。そして、シャッターが押された瞬間にタイムスタンプを押して、撮影した時間から 5 秒間の音を記録する。

exPhoto exPhoto 全体を表すタグ。子要素として timestamp, location, sensors タグを持つ。

width, height exPhoto の画像ファイルのサイズを表すタグ。

timestamp exPhoto の撮影時刻を表すタグ。

location exPhoto が撮影された場所を表すタグ。Wi-Fi や GPS を利用した位置情報システムから得られた位置情報が記述される。

sensors 撮影時のセンサデータおよび後からセンサデータを取得するためのポイントを記述するタグ。

exPhoto XML において、sensors タグ以外は各 exPhoto メディアに対して 1 つである。撮影された際に取得したセンサデータおよび、音楽ファイルへのパスは sensors タグに記載される。

```
<exphoto width="640" height="480">
  <timestamp>Wed Nov 21 22:02:04 JST 2007</timestamp>
  <location>i208</location>
  <sensors>
    <sensor name="pulse"><value>60.0</value><ip>localhost</ip><port>5555</port><get_command>null</get_command></sensor>
    <sensor name="sound"><value>../sound/20071121220204.mp3</value><ip>localhost</ip><port>5555</port><get_command>null</get_command></sensor>
    <sensor name="temp"><value>20.0</value><ip>localhost</ip><port>5555</port><get_command>null</get_command></sensor>
  </sensors>
</exphoto>
```

図 5.9 exPhoto XML

5.2.3 exPhoto Viewer の実装

プロトタイプ実装における exPhoto Viewer の GUI を図 5.10 に示す。GUI 下部のアルバムを表示パレットにドラッグすることでアルバムの選択を行い、スライドショーの表示を行う。スライドショーの間隔は一枚の写真につき 5 秒間再生している。再生された画像は、環境再現機構に送られセンサデータの解析を行い、上記で述べた XML のデータを解析する。そして、解析した結

表 5.1 Vaio TypeU 仕様

Model	Vaio TypeU (VGN-UX91NS)
CPU	Intel Core Solo CPU U1400 @ 1.20GHz
主記憶	SDRAM 1GB
通信機能	IEEE 802.11a/b/g 準拠 2.4GHz ワイヤレス LAN (内蔵)
ディスプレイ	4.5 型 WSVGA クリアブラック LE 液晶
重量	532g (バッテリーパック装着時)
サイズ (幅 × 高さ × 奥行)	約 150 × 33.2 ~ 38.2 × 95 mm
オペレーティングシステム	Microsoft Windows Vista
JAVA	J2SE 1.5.0
有効画素数	131 万画素

果取得したセンサデータをペルチェ素子とモータを制御するためのデータ変換モジュールに送る。データ変換モジュールでは、取得した温度、心拍数のデータを変換し、Bluetooth 通信を用いて exPhoto Device に送られる。

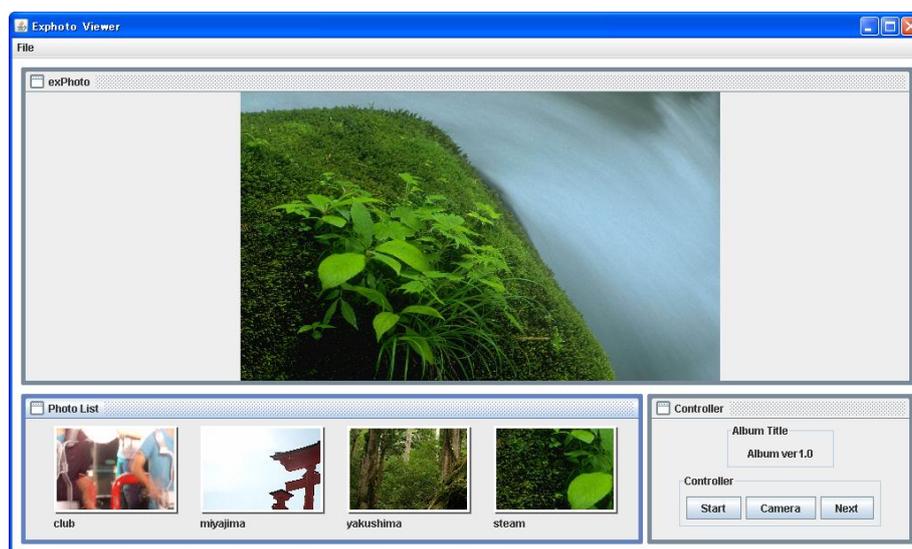


図 5.10 exPhoto Viewer

5.2.4 exPhoto Device の実装

exPhoto Device では、計算機から Bluetooth 無線により受け取ったデータを温度制御とモータ制御のために変換し、動作を行っている。温度の制御には PIC16F88 に内蔵している CCP モジュールの PWM(Pulse Width Modulation) モードを用いることで、ペルチェ素子の温度調整を

行っている。温度制御を行うために、一周期 1.024msec に設定し、その間に PIC から出力されたパルス幅を取得した温度センサデータを 27 段階のデューティ比に分けて温度の制御を行っている。これにより、5V 電圧で最大で 35 度、最低で 0 度の温度制御を行うことができた。モータ制御には、計算機器から送られたデータを変換し、27 段階のモータ制御を行っている。プロトタイプ実装における実装した基盤を図 5.1 に、また図 5.11 に exPhoto の概要図を示す。



図 5.11 exPhoto

5.3 まとめ

本章では、ユーザの心理状態と周辺環境を再現するデジタルフォトメディア exPhoto のプロトタイプ実装について述べた。はじめに、ハードウェアの実装として、表示機器、計算機器と各センサ、各アクチュエータについて述べた。その後、ソフトウェアの実装として、exPhoto を構成する exPhoto Camera, exPhoto Viewer, exPhoto Device について、それぞれの実装の要点を述べた。

第6章

評価実験

本章では，ユーザの心理状態と周辺環境を記録・再現するデジタルフォトメディア exPhoto の評価を行う．本手法の評価として，複数の被験者による評価実験を実施した．本実験では，撮影者が自分の写真を振り返る際の評価実験と，撮影者と閲覧者が異なり閲覧者が他者の写真を見た際の評価実験の2つを行った．はじめに，本実験の実験概要を述べる．その後，実験結果を示し，結果について考察を行う．

6.1 実験概要

ユーザの心理状態と周辺環境を記録，再現する exPhoto を評価するために今回は2種類の評価実験を行った．はじめに，撮影者と閲覧者が同じ人物であり，撮影者が自分で撮影した exPhoto メディアを振り返った際の，主観満足度，再現要素の妥当性の評価について説明する．ついで，撮影者と閲覧者が異なり，閲覧者は撮影者により撮影された exPhoto メディアを見た際の，主観満足度，再現要素と再現方法の妥当性に関する評価について述べる．

6.1.1 撮影者と閲覧者が同じ場合

本節では，撮影者と閲覧者が同じ場合の評価実験についての詳細を述べる．本実験では，撮影者と閲覧者が同じ人物であり，撮影者が自分で撮影した exPhoto メディアを振り返った際の撮影時の状況の再現性を評価した．はじめに，本実験の実験環境と被験者を述べ，ついで，実験手順と実験結果を述べる．

実験環境

本実験では，被験者に慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの構内を歩きまわってもらい，さまざまな場所を exPhoto カメラを用いて撮影してもらった．本実験の様子を図 6.1 に示す．



図 6.1 撮影者と閲覧者が同じ場合における評価実験の様子

被験者

本実験の被験者について表 6.1 を参照し，説明する．本実験の被験者は，男性 15 名，女性 4 名，合計 19 名である．被験者の年齢は，10 代から 20 代である．

表 6.1 撮影者と閲覧者が同じ場合における被験者の概要

被験者の性別	被験者数
男性	15
女性	4
合計	19

表 6.2 撮影者と閲覧者が同じ場合におけるアンケート結果

アンケート項目	平均
exPhoto による追体験は楽しめましたか	7.6
自分の心理状態が反映されていますか	7.0
撮影時の周りの環境が反映されていますか	7.2
音による環境音の再現によってより詳細な追体験ができましたか	6.7
温度の再現によってより詳細な追体験ができましたか	7.6
スライドショー形式は追体験に役立ちましたか	7.9
今あるメディアよりも詳細に追体験をすることができましたか	8.3

実験手順

撮影者が自分で撮影した exPhoto メディアの写真を振り返る評価方針として、被験者数人に対して exPhoto Camera を用いて 8 枚から 10 枚撮影してもらい、その写真を数日後に exPhoto Viewer により振り返る作業を行った。その後、評価用紙に記入するという手順を行った。実験に用いたアンケート用紙を図 6.2 に示す。アンケートは各項目に対して 10 段階評価を行い、10 が「そのとおりだと思う」、1 が「そう思わない」といった指標を用いた。

実験結果

本実験では、被験者に対して主観満足度、再現要素の妥当性についてユーザ評価を行った。本実験の結果を表 6.2 に示す。本実験の設問である、今あるメディアよりも詳細な追体験ができたか、exPhoto による追体験は楽しめたかの項目に対してそれぞれ 8.3、7.6 と高い評価を得た。また、再現時の再生要素の中で温度の再現は 7.6 と高く、それに対して音の再現は 6.7 との結果を得た。また、写真の再生手法としてのスライドショーの再生は 7.9 と高い評価を得た。これらの結果を踏まえた上での考察を次項で行う。

考察

本項では、評価実験の結果、評価用紙のコメント欄、実験後のヒアリングから、閲覧者と撮影者が同じ際の exPhoto の有用性と問題点について考察する。主観満足度の評価としては、アンケー

ト結果の表からわかるように「exPhoto による追体験は楽しめましたか」「今あるメディアよりも詳細に追体験をすることができましたか」の項目において 7.6、8.3 と高い評価を得ることができた。よって、撮影者と閲覧者が同様の場合において、exPhoto の有用性が認められたと分かる。

各体験要素の中では、心理状態の取得、再現の評価項目である「自分の心理状態が反映されていますか」との設問に対して 7.0 との高い評価を得た。この結果は、振動による再現により自分がどのような場面で心理状態の変化があったのかを思い出す補助を行っていると分かる。また、温度、音、風景の取得を行い再現する「撮影時の周りの環境が反映されていますか」の項目も同様に 7.2 と高い評価を得ることができた。これは、exPhoto の高い主観満足度を得ることができた要因だと考えられる。

次に、環境情報の再現に関しては音、温度の項目に関しては音の再現に関して 6.7、7.6 との評価を得た。この原因としては、音の取得が不十分であったため「音が聞こえづらい」といったヒアリングを得たため、これが原因だと考えられる。

また、温度や音の伝達に関しては「温度変化はおもしろい」などのコメントを得ることができた。

6.1.2 撮影者と閲覧者が異なる場合

本節では、撮影者と閲覧者が異なる場合の評価実験についての詳細を述べる。本実験では、撮影者と閲覧者が異なった場合の主観満足度、再現要素の妥当性についての評価を説明する。はじめに、本実験の実験環境と被験者を述べ、ついで、実験手順と実験結果を述べる。

実験環境

本実験の実験環境として、SFC OPEN RESEARCH FORUM 2007 [32] において評価実験をおこなった。SFC OPEN RESEARCH FORUM の様子を図 6.3 に示す。

被験者

本実験の被験者について表 6.3 を参照し、説明する。本実験の被験者は、男性 48 名、女性 21 名、合計 69 名である。被験者の年齢は、10 代から 60 代である。

実験手順

本実験は、被験者に exPhoto Viewer を利用して写真のスライドショーを操作してもらい、その後評価用紙に記入してもらうという手順で行った。ユーザは、あらかじめ準備してあるアルバムから一つを選択し、そのアルバムの写真を写真表示パレットにドラッグしスライドショーの再生を行う。アルバムは、「屋久島」「パーティ」「渓流・花火」「宮島」の 4 種類が存在する。それぞれのアルバムに対して、約 10 枚の写真が存在し、その写真を 5 秒間隔でスライドショーの再生を行う。そして、写真が移り変わるのに合わせてアクチュエータが動作する。アンケートは各項目に対して 10 段階評価を用いて、10 が「そのとおりだと思う」、1 が「そう思わない」といった指標を用いた。実験に用いたアンケート用紙を図 6.4 に示す。

exPhoto システム利用アンケート

撮影開始時間 _____ 性別 男・女 年齢 () 代

このシステムに関する次の質問について、そう思ったかどうかを10段階で答え、該当の数字に○をつけてください。
1=全くそう思わない 10=その通りだと思う

exPhoto について

exPhotoによる追体験は楽しめましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
自分の心理状態が反映されていますか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
撮影時の周りの環境が反映されていますか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
音による環境音の再現によってより詳細な追体験ができましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
温度の再現によってより詳細な追体験ができましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
スライドショー形式は追体験に役立ちましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
今あるメディアよりも詳細に追体験をすることができましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

感想を自由にご記入ください

実施日 年 月 日

ご協力ありがとうございました

図 6.2 撮影者と閲覧者が同じ場合における実験に使った評価用紙

実験結果

本実験の結果を表 6.4 に示す。本実験における作業負荷は平均で 3.3 と低く、また今あるメディアよりも詳細な追体験ができたか、exPhoto による追体験は楽しめたかの項目に対してそれぞれ 7.1, 7.3 と比較的高い評価を得た。また、音、温度の再現は平均で 6.8 との結果を得ることができ



図 6.3 SFC OPEN RESEARCH FORUM 2007

表 6.3 撮影者と閲覧者が異なる場合における被験者の概要

被験者の性別	被験者数
男性	48
女性	21
合計	69

表 6.4 撮影者と閲覧者が異なる場合におけるアンケート結果

アンケート項目	平均
exPhoto の操作に手間取りましたか	3.3
exPhoto による追体験は楽しめましたか	7.1
振動によってユーザの心理状態の変化は伝わってきましたか	5.9
音による環境音の再現によってより詳細な追体験ができましたか	6.9
温度の再現によってより詳細な追体験ができましたか	6.9
スライドショー形式は追体験に役立ちましたか	6.9
今あるメディアよりも詳細に追体験をすることができましたか	7.3
写真よりも体験を詳細に伝えるメディアが欲しいですか	7.8

たが、それに対して振動によるユーザの心理状態の変化は 5.9 と高い評価を得ることができなかった。これらの結果を踏まえた上での考察を次項で詳しく考察する。

考察

本項では、前項で示した評価実験の結果、評価用紙のコメント欄、実験後のヒアリングから、exPhotoの有用性と問題点について考察する。主観満足度の評価としては、アンケート結果の表からわかるように「exPhotoによる追体験は楽しめましたか」「今あるメディアよりも詳細に追体験をすることができましたか」の項目において7.1、7.4と高い評価を得ることができた。また、「写真よりも体験を詳細に伝えるメディアが欲しいですか」の項目において7.8と高い平均値を得ており、ユーザが従来の写真に満足しておらず、撮影時の状況をより伝えるようなメディアを欲していることがわかり、本研究の目的と一致する。

各体験要素の中では、本研究の目的である振動によるユーザの心理状態の伝達を行う項目に対して5.9とさほど高くない評価を得た。この原因としては、コメント欄に記述された内容から「普段心拍数を意識して行動していないので振動ではよくわからない」「他人の心拍数の変化を知るのは気持ちが悪い」といったヒアリングを得たため、これらの原因が予想される。これらの結果から、更なる実装の要点として振動の周期や強さを再度検討し、また音による伝達や心拍数の変化のグラフ表示などの伝達方法と再度比較検討を行い、ユーザが分かりやすい心理状態の変化の伝達の実現をすることが求められる。

また、温度や音の伝達に関しては「撮影時の状況が伝わりやすい」「人に伝えるのが楽しそう」などのコメントを得ることができた。今後の実装のコメントとしては、「複数人で1つの写真を楽しみたい」などのコメントを得たため、利用者が複数人になった際の実験や評価などを今後行う必要がある。

6.2 評価実験結果の比較

本項では、本論文で行った2つの評価実験を比較し考察する。周辺環境と心理状態を記録・再現することでユーザの体験の伝達を行う手法の評価として、はじめに撮影者と閲覧者が同じ場合の評価を行った。その結果、exPhotoを使い他者が撮影した写真を追体験することは撮影者の体験を詳細に伝える方法として高い有用性があることがわかった。ついで、撮影者と閲覧者が異なる場合においても撮影者が詳細な体験の振り返りを行うことができるのかを評価実験を行い調べた。その結果、exPhotoを用いた手法は被験者に対して高い主観満足度を与えることができ、ユーザの体験再現を行う写真メディアとして有用性があると認められた。よって、撮影者と閲覧者の違いに関わらずexPhotoはユーザの体験再現を行う写真メディアとして有効な手法であると分かった。

6.3 まとめ

本章では、ユーザビリティ評価を行った結果の考察と今後の実装の要点について整理した。ユーザビリティ評価では、exPhoto Viewerによる他者の撮影した写真の振り返りを行い、アンケート調査を行った。次章で、本研究の課題について述べ、まとめる。

exPhoto システム利用アンケート

性別 男・女 年齢 () 代

このシステムに関する次の質問について、そう思ったかどうかを10段階で答え、該当の数字に○をつけてください。
1=全くそう思わない 10=その通りだと思う

exPhoto について

exPhoto の操作に手間取りましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
exPhoto による追体験は楽しめましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
振動によってユーザの心理状態の変化は伝わってきましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
音による環境音の再現によってより詳細な追体験ができましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
温度の再現によってより詳細な追体験ができましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
スライドショー形式は追体験に役立ちましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
今あるメディアよりも詳細に追体験をすることができましたか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10
写真よりも体験を詳細に伝えるメディアがほしいですか	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

感想を自由にご記入ください

実施日 年 月 日

ご協力ありがとうございました

図 6.4 撮影者と閲覧者が異なる場合における実験に使った評価用紙

第7章

結論

本論文では、周辺環境とユーザの心理状態を記録、再現するデジタルフォトメディア exPhoto の設計と実装を行った。本章では、今後の展望と課題を簡潔に述べ、本論文のまとめとする。

7.1 課題

前章で述べたとおり、現在の exPhoto の実装は十分ではなく、さらなる実装が求められる。本節では、exPhoto の設計・実装における問題点と解決策を述べ、今後の展望とする。以下に exPhoto の実装における問題点を述べる。

心理状態の伝達手法

撮影者と閲覧者が異なり閲覧者が他者の写真を見た際の評価実験結果のアンケートにおいて、「普段心拍数を意識して行動していないので振動ではよくわからない」との回答を得た。また他の評価項目に比べて「振動によってユーザの心理状態の変化は伝わってきましたか」の項目は高い評価を得ることができなかった。このように、現在の振動による伝達手法ではユーザの心理状態を分かりやすい形で伝えることができない。よって、再度心理学や認知科学分野における論文調査を行い、ついで、振動の周期や強さの変化を試み、また音や画像効果などによる伝達手法と再度比較検討し、実装を行う。

再現機器の選択

現在の再現手法では、風景や音、温度、振動をすべてユーザに伝えている。しかし、ユーザ評価の結果ではユーザがわずらわしさを感じることや、どのような周辺環境に影響を受けて写真を撮影したのかが伝わらないといった問題点があることが分かった。よって、Datchakorn Tancharoen [27] や Gregory [3] らの研究を参考に重要な状況の抽出方法を検討し、ユーザが影響を受けた周辺環境を導き出し再現機器を選択するなどの手法を検討する。

心理状態の抽出手法の検討

心理状態の抽出手法として、現在はユーザの心拍数を取得することを行っている。しかし、心拍数は運動により値が変動してしまうため、心拍センサだけを使った心理状態の抽出手法では誤差が生じてしまう可能性がある。よって、心拍センサだけではなく加速度センサを用いてユーザの動きを取得した心拍数の補正や、皮膚温度を取得するセンサなどとの組み合わせなど、手法を検討し実装を行う。

7.2 本論文のまとめ

種々のセンサデータとコンテキストを、カメラのメタデータとして付加することで、写真に記録された情報とユーザの体験との間にある差を埋めようとする研究はさまざまに行われてきた。しかし、音や温度をただ取得し、データを表示したり、画像効果を与えたりする手法では、写真とユーザ体験との差は十分に埋めることができなかった。また、ユーザが撮影時に周辺環境から影響を受け、どのように感じているのかといったユーザの主観は記録や再現が行われていなかった。そのた

め、人に写真を利用して体験を伝える場合や自分で振り返る場合に、十分に撮影時の状況が伝わってこないといった問題点があった。

本論文では、周辺環境とユーザの心理状態を記録・再現するデジタルフォトメディア exPhoto を提案した。本手法では、カメラとセンサを利用して撮影時のユーザの心理状態と風景、温度、音などの環境情報を取得する。そして、この取得したデータを JPEG 画像のコメント領域に記述することで体験の記録を行う。また、JPEG 画像形式の exPhoto メディアを写真共有サイトや電子メールを利用することで体験の交換、配布、共有が容易になる。

また、exPhoto メディアをユーザが振り返る際に、アクチュエータを利用し温度と振動を伝えることで従来の写真の共有、再現システムよりもより詳細な体験の再現を行うことができる。そして、周辺環境とユーザの心理状態を記録・再現する手法の評価として、撮影者と被験者が同じ

ユーザ評価を行った。その結果、exPhoto は既存の写真メディアよりもユーザが詳細な追体験を経験できるとの評価を得ることができた。よって、周辺環境とユーザの心理状態を記録する本手法は、ユーザの体験再現を行う写真メディアとしての高い有用性があると認められた。

謝辞

本研究の機会を与えてくださり、絶えず丁寧なご指導を賜りました、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、貴重な御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に深く感謝致します。

また、慶應義塾大学徳田・高汐研究室の諸先輩方には、貴重な御助言を頂き、多くの議論の時間を割いて頂きました。特に、政策メディア研究科後期博士課程青木俊氏、後期博士課程米澤拓郎氏、前 KMSF 研究グループリーダー山崎俊作氏、政策メディア研究科修士課程川添瑞木氏には、本論文の執筆にあたってご指導を頂きました。また、政策メディア研究科講師中澤仁博士、岩井将行博士、同研究科後期博士課程由良淳一氏には、本研究を進めるにあたって多くの励ましとご指導を頂きました。ここに、深い感謝の意を表します。

最後に、研究生生活を支えてくれた家族、ともに修士論文、卒業論文の執筆を行い、多くの研究生生活をともに過ごした徳田英隼氏、伊藤友隆氏、河田恭兵氏、角田龍二氏、生天目直哉氏、また研究の日々を共に過ごした HORN 研究グループ、KMSF 研究グループ、私生活において多くの助言と罵倒を頂いた九州大学経済学部梅野剛平氏をはじめ、その他多くの友人に深く感謝し、謝辞と致します。

2008 年 2 月 7 日

橋爪 克弥

成果

ポスター発表

- 橋爪 克弥, 川添 瑞木, 高汐 一紀, 徳田 英幸

exPhoto:周辺環境と利用者の気分を含んだ体験の記録再現システムの構築

日本ソフトウェア科学会 ソフトウェアシステム研究会

第 11 回 プログラミングおよび応用のシステムに関するワークショップ (SPA 2007)

デモ発表

- 橋爪 克弥, 川添 瑞木, 高汐 一紀, 徳田 英幸

exPhoto:周辺環境と利用者の心理状態を記録・再現するデジタルフォトメディアの構築

SFC OPEN RESEARCH FORUM 2007

メディア掲載

- 毎日コミュニケーションズ, PCfan vol.291 29p 2008.1/1.15 号

参考文献

- [1] Memory plus. <http://rkmt.net/memoryplus/>.
- [2] Pervasive 2004 workshop on memory and sharing of experiences. <http://www.ii.ist.i.kyoto-u.ac.jp/~sumi/pervasive04/>.
- [3] Gregory D. Abowd, Matthias Gauger, and Andreas Lachenmann. The family video archive: an annotation and browsing environment for home movies. In *MIR '03: Proceedings of the 5th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval*, pp. 1–8, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [4] M. Beigl, A. Krohn, T. Riedel, T. Zimmer, C. Decker, and M. Isomura. The upart experience: Building a wireless sensor network. *Information Processing in Sensor Networks, 2006. IPSN 2006. The Fifth International Conference on*, pp. 366–373, 2006.
- [5] J. Bitton, S. Agamanolis, and M. Karau. Raw: conveying minimally-mediated impressions of everyday life with an audio-photographic tool. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 495–502, 2004.
- [6] D. Frohlich and E. Tallyn. Audiophotography: practice and prospects. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 296–297, 1999.
- [7] Lalya Gaye, Ramia Mazé, and Lars Erik Holmquist. Sonic city: the urban environment as a musical interface. In *NIME '03: Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 109–115, Singapore, Singapore, 2003. National University of Singapore.
- [8] J. Healey and R.W. Picard. Startlecam: A cybernetic wearable camera. *Proceedings of the 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, p. 42, 1998.
- [9] S. Hodges, L. Williams, E. Berry, S. Izadi, J. Srinivasan, A. Butler, G. Smyth, N. Kapur, and K. Wood. Sensecam: a retrospective memory aid. *Proc. 8th International Conference on Ubicomp*, 2006.
- [10] T. Hori and K. Aizawa. Context-based video retrieval system for the life-log applications. *Proceedings of the 5th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval*, pp. 31–38, 2003.
- [11] Nancy Van House, Marc Davis, Morgan Ames, Megan Finn, and Vijay Viswanathan. The

- uses of personal networked digital imaging: an empirical study of cameraphone photos and sharing. In *CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 1853–1856, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [12] M.H. \ aakansson, L. Gaye, S. Ljungblad, L.E. Holmquist. More than meets the eye: an exploratory study of context photography. *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction: changing roles*, pp. 262–271, 2006.
- [13] Apple Inc. iphoto. <http://www.apple.com/jp/ilife/iphoto/>.
- [14] CCS Inc. Ccs-c compiler. <http://www.ccsinfo.com/>.
- [15] Google Inc. Picasa. <http://picasa.google.com/>.
- [16] Microchip Technology Inc. microchip. <http://www.microchip.com/>.
- [17] Sony Computer Entertainment Inc. playstation. <http://www.jp.playstation.com/>.
- [18] Sun Microsystems Inc. java j2se 5.0. <http://java.sun.com/>.
- [19] Yahoo! Inc. flickr. <http://www.flickr.com/>.
- [20] R. Jain. Multimedia electronic chronicles. *Multimedia, IEEE*, Vol. 10, No. 3, pp. 112–111, 2003.
- [21] Ramesh Jain. Digital experience. *Commun. ACM*, 2001.
- [22] T. Kindberg, M. Spasojevic, R. Fleck, and A. Sellen. How and why people use camera phones. *Consumer Applications and Systems Laboratory. HP Laboratories Bristol, HPL-2004-216, November*, Vol. 26, p. 2004, 2004.
- [23] A. Lockerd and F.M. Mueller. Lafcam: Leveraging affective feedback camcorder. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 574–575, 2002.
- [24] Y. Nakanishi, M. Motoe, and S. Matsukawa. JIKUKAN-POEMER: Geographic Information System Using Camera Phone Equipped with GPS, and Its Exhibition on a Street. *Mobile HCI*, 2004.
- [25] J. Rekimoto, T. Miyaki, and T. Ishizawa. Lifetag: Wifi-based continuous location logging for life pattern analysis. *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, Vol. 4718, p. 35, 2007.
- [26] G. Suzuki, S. Aoki, T. Iwamoto, D. Maruyama, T. Koda, N. Kohtake, K. Takashio, and H. Tokuda. u-Photo: Interacting with Pervasive Services Using Digital Still Images. *Pervasive Computing: Third International Conference, Pervasive 2005, Munich, Germany, May 8-13, 2005, Proceedings*, 2005.
- [27] Datchakorn Tancharoen, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa. Practical experience recording and indexing of life log video. In *CARPE '05: Proceedings of the 2nd ACM workshop on Continuous archival and retrieval of personal experiences*, pp. 61–66, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [28] K. Watanabe, K. Tsukada, and M. Yasumura. Willcam: a digital camera visualizing users. interest. In *CHI '07: CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing*

- systems*, pp. 2747–2752. ACM Press New York, NY, USA, 2007.
- [29] 伊藤惇, 角康之, 久保田秀和, 西田豊明. Photo Chat: 互いの視点画像に「書き込む」ことによるコミュニケーション支援. *JSAI2006*, 2006.
 - [30] 下田宏. アフェクティブインターフェース研究の現状と将来展望. 計測自動制御学会システム・情報部門シンポジウム 2000 講演論文集, pp. 31–36, 2000.
 - [31] 花岡健介, 中島達夫. センサリッチデバイスにおけるコンテキスト取得ミドルウェア. *SPA2005*.
 - [32] 慶應義塾大学. sfc open research forum 2007. <http://orf.sfc.keio.ac.jp/index.html>.
 - [33] 山本純平, 川添瑞木, 徳田義幸, 高汐一紀, 徳田英幸. momo!: バイタルセンサを用いた気分の解析と雰囲気可視化. 情報処理学会第 16 回ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 2007.
 - [34] 総務省. 平成 18 年度版 情報通信白書. 平成 18 年, Vol. 7, .
 - [35] 大垣裕美, 柴田樹, 黒田和宏, 小林敦信, 奥出直人, 慶應義塾大学. 家のセンサ情報を「ぬくもり」として共有する団欒支援デバイス『ぬくぬくキー』. インタラクシオン, 2005.
 - [36] 安保徹. 免疫革命. 講談社インターナショナル, 2004.
 - [37] 藤田英徳, 西本一志. Lovelet: 離れている親しい人同士のためのぬくもりコミュニケーションメディア. インタラクシオン, pp. 221–222, 2004.