

ウェアラブルコンピュータに適した最適な情報提示方法の評価

津村 弘輔[†] 井上 亮文[†] 加藤 淳也[†] 住谷 哲夫[†] 重野 寛[‡] 岡田 謙一[‡]

The evaluation of best information presentation for a wearable computer

Kousuke Tsumura[†], Akifumi Inoue[†], Junya Kato[†], Tetsuo Sumiya[†], Hiroshi Shigeno[‡], Ken-ichi Okada[‡]

概要:

本稿はウェアラブルコンピュータに適した最適な情報提示方法に関する知見を得ることを目的とし、様々な条件の提示方法に対して人はどのような反応を示すのかを調べるための実験を行った。具体的にはウェアラブルコンピュータを身につけた状態でのタスク遂行中に、Head Mounted Display(以下、HMD) に対して情報提示を行い、情報提示の種類を視覚メディアとして、文字のみ、背景が赤、背景がフラッシュ、また、聴覚メディアとして、音声による提示の4種類を用いて実験を行った。その際の評価項目として、タスク遂行中に対する情報提示の負荷量を求め、また情報認識の程度の評価として認識度、理解度、快適度の3つの項目で評価を行った。その結果、負荷仕事量の値から作業領域、視線移動の量と負荷仕事量の値は比例するという結果が得られ、また視覚メディアでは認識度と快適度はトレードオフの関係であることがわかり、今回の条件においては聴覚メディアが静的な環境下で、テキスト情報によるメッセージを提示する際に最も適しているということがわかった。

Abstract:

In this paper, we aimed to obtain the data concerning the best information presenting method which is suitable for a wearable computer. In order to study what reaction people showed to a variety of presentation methods, we made two experiments with being equipped with a wearable computer by using four presenting methods. As the evaluation items, firstly, we calculate the workload of each information presentation. Secondly, we create three evaluative items, which are the awareness level, the understanding level, and the comfortable level. As the result about the value of the load workload, we found out that there was a proportion between the amount of the work area and the glance movement, and the load workload. In addition, we discovered that there was the relation of the trade-off in the sight media between the awareness level and the comfortable level. At the end, When the message by text information was presented, auditory media were the most suitable under a static environment.

1. はじめに

現在、HMD を表示装置にした超小型パソコンである Wearable Computer という身につけて利用するコンピュータの研究が盛んに行われている。Wearable Computer は、「身体に装着」し「常時電源がON」であり、「ハンズフリー」でオペレーションが可能のため、ユーザの作業支援に非常に向いているという特徴¹⁾ や、「カメラ」「センサー」や「GPS」などのデバイスを装備することで、ユーザの環境や状態を認知し、適切な処理を提示することができる²⁾、という特徴が挙げられる。

さらに、それに伴い実世界での作業をコンピュータにより支援しようとする実世界志向インターフェイスと呼ばれる新たなインターフェイスの研究が必要になり、具体的には Ubiquitous Computing・AR・MR・WC と呼ばれる概念や研究分野などが挙げられる。

また、Wearable Computer を用いた CSCW というコンピュータを利用した協調作業を支援するシステムの需要が高まっている⁴⁾⁵⁾。この研究では複数の人間によって行われる協調作業を円滑化することを大きな目標としており、具体的には人工衛星などによる遠隔地間の電子会議システムの研究、また、ウェアラブルの研究などが多く取り上げられている。しかし現在のところ WC を用いた HMD に対する最適な情報提示方法の知見は得られていない。

そこで、本研究では Wearable Computer を用いた HMD に対する最適な情報提示方法に関する知見を得ることを目的とし、そのために必要な情報提示方法を4種類用意し、また、評価実験も2種類用意し、実際にタスクの特徴と提示方法の特徴から、それぞれの情報提示に対する反応を調べる実験を行い、各タスクに最適な情報提示方法に関する知見を得ることとした。

以下、2章では情報提示の着目点について、3章では関連研究について述べる。4章では実際の情報提示方法と評価用タスクを用いた実験について、5章で評価項目について、6章で実験結果と考察、7章で、今後の課題について述べ、8章で本論文のまとめを行う。

[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University

[‡] 慶應義塾大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

2. 情報提示の着目点

今回の情報提示の手法を説明する際に、情報提示の要素として次の2つの要素を考慮した。

(1) 感覚的側面

感覚的側面には五感が挙げられるが、味覚と嗅覚を使った情報提示はウェアラブルコンピュータに対する情報提示には向いていないため、情報提示の際の感覚的側面として視覚、聴覚、触覚の三つに注目した。視覚、聴覚、触覚には以下のような項目が考えられる。

- 視覚：色、大きさ、形、動き、配置、など。
- 聴覚：音の方向、音の高低、音量、など。
- 触覚：温度、手触り、大きさ、など。

(2) 認知的側面

認知的側面には情報を提示する際の構成やメディアといったものが存在する。

- 構成：情報の配置、提示順序。
- メディア：文字、音声、映像。

以上の側面の中でも今回特に注目したのが感覚的側面における視覚と聴覚、また認知的側面におけるメディアである。

今回の研究で異なるメディアを使った情報提示を行う目的は、タスク効率の上昇であり、触覚による情報提示ではタスク遂行に対して効率を上げるような内容を適切に指示することができないため、感覚的側面からは視覚と聴覚に注目した。

同じく認知的側面からメディアに注目した理由は、情報の構成を変えても提示方法自体は変わらないという点からタスクの効率を上げにくい、と考えたからである。

以上の理由から本研究では、視覚、聴覚、メディアを考慮した情報提示方法を用いることにする。

3. 関連研究

本章では、ウェアラブルコンピュータに対する情報提示に関する研究について概観する。

3.1 音声提示と文字提示

ここでは音声による提示とテキストメッセージによる提示について得られている知見について述べる。⁷⁾

3.1.1 音声提示

音声提示での最大のポイントは作業者の情報処理速度は情報の送信側に依存する、という点である。

音声情報には上限が無いので、音声合成を用いることで音声情報は生み出される。またそれとともに、音声合成の質は音声の明瞭さに関する問題を引き起こす。考えられる解決策としてはメッセージの内容を表示するスクリーンの同時使用が考えられる。しかし、スクリーンが小さすぎるが故に一度に全てのメッセージを表示できない、という問題点も挙げられる。また、音声メッセージとテキストメッセージ

を組み合わせるとどうなるか、といった問題点や、ディスプレイサイズの問題と音声合成の品質の問題が課された制約ももちろん考えなければならない。

3.1.2 文字提示

文字提示による最大のポイントは情報の処理速度は受信側に依存する、という点である。

これは音声提示に比べてよりユーザー中心型の情報提示であると言える。またテキストメッセージの利点はディスプレイに情報が表れることである。しかし、もし一度に示されるメッセージが多い場合では、全てのメッセージを示すために何度もディスプレイを消去しなおさないといけない、という問題点も挙げられる。

そこで、すべてのメッセージを表示する方法としての一つの方法に、ディスプレイ上でテキストを右から左に流すといったことが考えられる(Leading)。また、他の方法としては次のメッセージを上書きすることで新しく消去しなおす方法(RSVP:Rapid Serial Visual Presentation)が存在する。しかしLeadingよりRSVPの方が優れていることが実験よりわかっているため、今回の実験ではRSVPによる情報提示を用いることにする。

また、テキストメッセージによる提示のメリットは音声提示のような明瞭さに関する問題点がないということである。一方で音声提示にはテキストメッセージによる提示よりもわかりやすい、ということも挙げられる。そして、スクリーンを見るときといった行為の必要性は無いが、音声を聞いている間、視覚的環境を見続ける必要があるということも挙げられる。

3.2 歩行速度とフォントサイズ

歩行時に提示情報をどの程度吸収できるのかといった指針を得るための実験によると、歩行中では、個人差はあるものの平均的に60ptのサイズによる提示が一番適しているということが知見として得られている³⁾。

3.3 情報提示順序と心理的影響

情報提示の順番が人間の印象に影響を与えることはよく知られているが、危機が徐々に大きくなる状況に直面した時、情報の提示順序が心理的にどのような影響を及ぼすかを調べた実験によると、人は危機的状況に直面した時、メッセージの提示順序で不安感と行動が影響を受けることがわかっている。

3.4 移動通信環境における視覚的情報提示の検討

五感を用いた様々な情報提示方法があるが、多数の情報を直感的かつ効果的に提示するためには、ある程度のディスプレイの大きさが必要である。しかしモバイル環境に適応するためには出来るだけ小さなディスプレイのサイズが望ましい。そこで、情報提示に用いるLEDの数を2つから9つまで変えて、色や点滅といった効果を組み合わせた実験を行い、被験者の反応時間と正答率を測定した結果、以下のようなことがわかっている。⁶⁾

- ディスプレイサイズと、パフォーマンスならびにユー

ザの評価はトレードオフの関係にある。

- 色, 点滅により効率性アップ。
- 多色 LED が最も省スペースで効率のよい提示方法である。
- 点滅は情報提示より注意を引くのに使える。ただし, 気付くのに時間がかかるが, 間隔を短くすればよいかもされない。しかし今度は気が散るという問題点が挙げられる。
- 複数の提示手法の組み合わせにより, パフォーマンスが低下する。

4. 情報提示方法と評価実験

ここでは情報提示方法とその評価実験について説明する。

4.1 情報提示方法

今回の研究で比較する提示方法は全部で次の4つである。

(1) 基本メディア (Character)

まず一つ目が基本メディアとして, 情報を文字で提示するだけの提示方法である。この提示方法をここでは Character と名づけ, 実際の提示方法は次のようになる。



図 1 基本メディア

(2) Static メディア (Color)

Static メディアは視覚メディアとしてのメディアであり静的なメディアになっている。これは背景色が赤色で提示される提示方法である。この提示方法をここでは Color と名づけ, 実際の提示方法は次のようになる。



図 2 Static メディア

(3) Dynamic メディア (Flash)

Dynamic メディアも視覚メディアとしてのメディアであり動的なメディアになっている。これは背景色がフラッシュする提示方法である。この提示方法をここでは Flash と名づけ, 実際の提示方法は以下の二つの画面が交互に表れることになる。

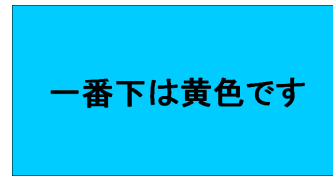


図 3 Dynamic メディア 1

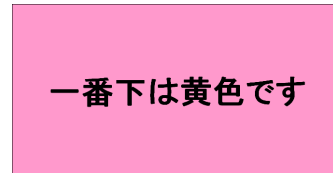


図 4 Dynamic メディア 2

(4) 聴覚メディア (Sound)

最後に聴覚メディアとして, 提示内容を音声で読み上げる情報提示方法を用いた。この提示方法をここでは Sound と名づけた。

また各ポップアップに提示される文字のサイズは全て 60 ポイントを用いることにした。これは上記で触れたように, HMD 上に提示される Font サイズは 60 ポイントが一番適しているということがすでに知見として得られているからである。

以上 4 つの情報提示方法を用いて, メインタスク遂行中に提示内容 (アドバイス) が有効に働くタスクを通して最適な情報提示方法に関する知見を得ることにする。

4.2 評価実験

本節では上記した情報提示方法を評価するための実験内容についての詳細を述べる。

4.2.1 実世界用タスク

これはカードに描かれた立体ブロックの組み立てを行うというタスクである。今回用いたブロックは全部で七色のブロックを用いており, 色によって全てのブロックの形が異なるものになっている。図に具体的な立体ブロックを示し, このタスクの詳細について述べる。



図 5 立体ブロックの組み立て

(1) タスクの特徴

タスクの特徴として次の二つのことが言える。

- 断続的な作業
断続的な作業というのは、常に手を動かす必要は無く、休み休みに作業を行うことができるため、断続的な作業とすることが出来る。
- 広い作業領域
作業領域が広いというのは、今回のタスクは机の上にはばら撒かれたブロックを手を使って取り、また指定されたブロックの形に配置するため、作業領域は広いといえる。

以上二つの特徴から、このタスクは実際にウェアラブルコンピュータを身に付けて作業を行うタスクとして、建設現場や工場などで複数人で協調作業を伴うタイプのタスクに類似させることが出来る。

(2) 提示内容

提示内容はタスクの効率を上げるものとなっている。

- 配置場所に関する提示
配置場所というのは、カードに描かれたブロックを作成する際に、構造のヒントとなるような内容を提示する。
例えば、「黄色のブロックは一番下です」や「緑色のブロックは一番上です」といった内容である。
- 使用ブロックに関する提示
使用ブロックというのは、そのときの作成に必要なブロックと不必要なブロックとを知らせる内容を提示する。
例えば、「赤色のブロックは使いません」や「青色のブロックを使ってください」といった内容である。

4.2.2 ディスプレイ用タスク

これは上から落ちてくる「原子」を上手く下に積み上げて「分子」を作るパズルゲームである。上から「N」や「H」「O」というような原子が落ちてくるので、例えば「HOH」と下に積むと水が発生したり「HH」と積むと水素発生が発生したりして、その分子が消える仕組みになっている。図に具体的なタスク実行中の画面を示し、このタスクの詳細について述べる。

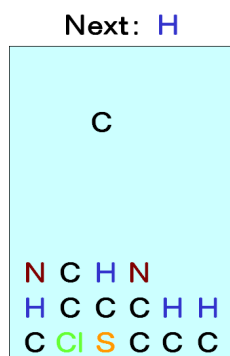


図 6 分子作成ゲーム

(1) タスクの特徴

タスクの特徴として次の二つのことが言える。

- 継続的な作業
継続的な作業というのは、今回のタスクでは常にディスプレイを注視する必要があり、またそれと同時に常にキーボードを操作する必要があるため、集中力を要し、継続的な作業であると言える。

- 狭い作業領域
作業領域が狭いというのは、今回のタスクはディスプレイ上でのタスクのため、タスクを遂行するためには基本的にはディスプレイだけを見ればよく、手もキーボードの矢印キーのみを操作するだけでよいので、作業領域は狭いと言える。

以上二つの特徴から、このタスクは実際にウェアラブルコンピュータを身に付けて作業を行うタスクとして、ある一定の作業を長時間行い続けるようなタイプのタスク、例えばベルトコンベアから一定の物が流れてくるような環境で、それを処理し続けるといったタスクに類似させることが出来る。

(2) 提示内容

提示内容はタスクの効率を上げるものとなっている。

- 配置場所に関する提示
配置場所というのは、上から落ちてくる原子を次はどこに落とせばいいかを教える、構造のヒントとなるような内容を提示する。
例えば、「H は一番右です」や「C はそのまま下に落としてください」といった内容である。
- 分子構成に関する提示
分子構成というのは、どのような分子を作成すればいいかを教えるために、次に作るべき分子に関する内容を提示する。
例えば、「NH₃ を作ってください」や「CO₂ を作ってください」といった内容である。

5. 評価項目

この節では評価実験で行った2種類のタスクにおける評価項目について詳細を説明する。今回の評価項目には以下の項目を用いた

5.1 NASA-TLX による評価

NASA-TLX (Task Load Index) とは主観的評価の多次元平均にもとづく、タスクの負荷指標を求める手法であり、タスクの仕事量を示すために、基本となる6つの評価尺度が用意されている。

つまり、6つの評価尺度による主観的評価をつけ、各評価尺度に対する重みづけを行い、タスクの負荷仕事量を数値で出すことになる。負荷仕事量の数値は少なければ少ないほど、被験者にとって有意義なタスクであったと言える。

5.2 各メディアに対する情報認識の程度の差

この評価項目として以下の三つを定義した。

- **認識度**
 タスク遂行中にどの程度、情報が提示されたかどうか
 に気付いたかを求めるための項目。
- **理解度**
 タスク遂行中に提示された内容がどの程度理解でき
 たかを計るための項目。
- **快適度**
 各提示手法自体が被験者に対してどの程度わずらわ
 しさを与えたかを計るための項目。

以上の項目に対して各被験者に5段階で評価してもらい、2種類のタスクに対して4種類の情報提示方法を用いたときでそれぞれを比較し評価する。

また、被験者の数は両タスクともに全部で15名である。

6. 実験結果と考察

上記で述べた情報提示方法と評価実験により得られたデータについて考察を行う。

6.1 負荷仕事量

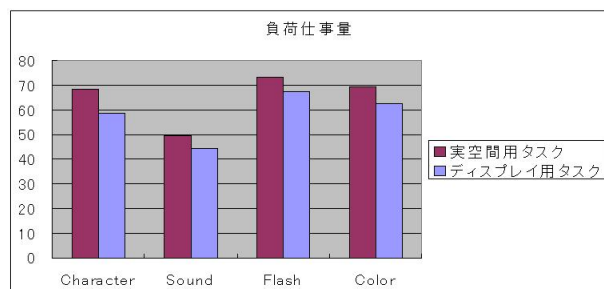


図7 負荷仕事量の値

ディスプレイ用タスクよりも実空間でのタスクの方が各情報提示方法に対する被験者の負荷が大きくなる。このことから作業領域や視線移動の範囲が大きくなると作業員にとって負荷を与えてしまっていると考えられる。

6.2 認識度

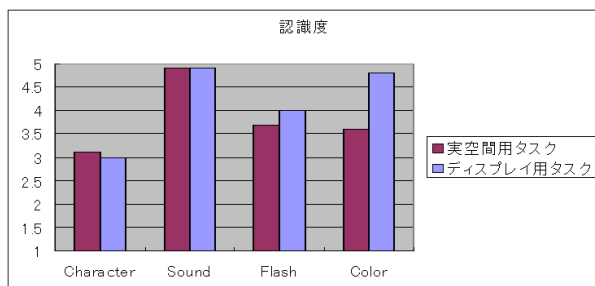


図8 認識度の比較

視覚メディアでは実空間用タスク、ディスプレイ用タスク共に背景色がある方が認識しやすいことがわかる。背景色無しのポップアップだと気付かないことがある。提示の際は背景色による強調が適していると考えられる。

また、Staticメディアでは実空間用のタスクに比べてディスプレイ用タスクの方が認識していたことがわかる。これは、ディスプレイ用タスクでは実世界用タスクに比べて視線移動が小さかったり、作業領域が狭かったりするため、その分HMDに注意を払うことができるため認識度が高くなったと考えられる。

6.3 理解度

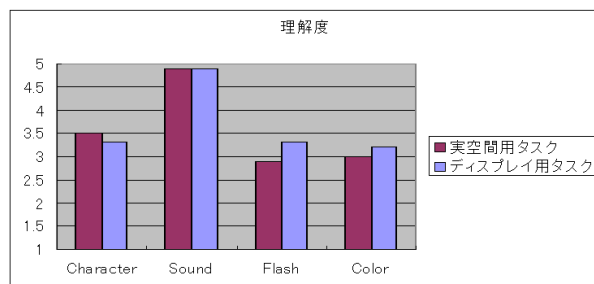


図9 理解度の比較

実空間用タスクでは背景色が無い方が提示された内容を理解しやすいことがわかる。これは、背景色が無い方がテキストメッセージとして提示されている情報が読みやすいために理解しやすいものと考えられる。

また、聴覚メディアとしての音声提示はHMDを見る必要がないため、提示された内容が簡単に理解できる。今回の評価実験は騒音の無い静かな環境下での実験だったため音声提示が一番向いている、と言うことが出来るが、実際のタスク環境では騒音下の環境も十分に考えられるため、騒音の程度がどのように実験結果に影響してくるのかも調べる必要がある。また、テキストメッセージでは提示することが出来ないような内容、例えば周辺のマップといったような画像や動画などでは、音声だけによる提示ではタスク効率を上げるのには満足できないものと思われる。

6.4 快適度

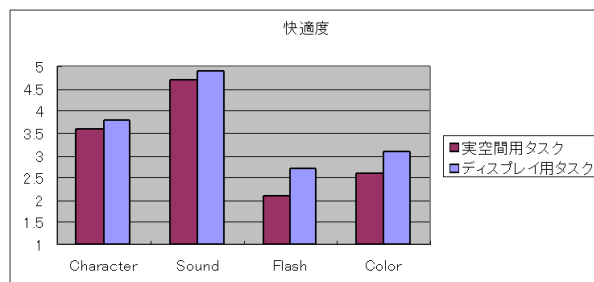


図10 快適度の比較

視覚メディアでは背景色の表し方が強くなればなるほど被験者に不快感を与えてしまっていることがわかる。特にフラッシュによる情報提示では被験者にかなりの心理的負担を与えてしまっていることがわかる。今回の評価実験では実世界用タスクでは3分間という制限時間を設けて行ったため、フラッシュによる情報提示は数えるほどしか無かったが、実際にウェアラブルコンピュータを身に付けて作業を行うタスクでは長時間のタスクになることも十分に考えられ、なんらかの情報を提示するたびにフラッシュによる提示を行っている、被験者の心理状態にかなりの負担を与えてしまうことになり、長時間のタスクにおいてはフラッシュのみによる情報提示はあまり適していないと考えられる。

また、聴覚メディアによる音声提示では視覚的な影響が無いために快適度が高いことがわかる。これにより今回の評価実験で被験者にとって負担を与える原因となるものは視覚的な影響からくるものだとわかる。しかし、今回の評価実験のタスク内容は視覚的な要素のみが取り入れられており、聴覚を使った要素は取り入れられてなかったため、被験者は視覚的な影響で不快感を感じる結果となっていたが、タスク内容に聴覚的な要素も取り入れられていると、恐らく音声による情報提示でも不快感を感じるものと思われる。

7. 今後の課題

本研究で行った結果より、以下のような点が今後検討すべき問題点として挙げられる。

● 実験タスクの規模

本研究で行った評価実験では、実世界用のタスクとして立体ブロックの組み立てタスク、ディスプレイ用のタスクとして分子作成ゲームの2種類を用意した。しかし、例えばフィールドやルームサイズといった大規模な環境で行う必要があるタスクや、逆に顕微鏡サイズなどの小規模な状態で行う必要があるタスクなど、タスクの規模をより細かく分けて考える必要がある。つまりタスクの規模が結果にどのような影響を与えていくのかを調べるために、今後さらなる実験を通して評価を取っていく必要がある。

● 実験タスクの環境

今回の実験は騒音の無い静かな環境で行ったが、音声提示に対するより正確な評価を取るために、騒音のある環境下での実験を行う必要がある、さらには騒音の程度によって負荷仕事量、認識度、理解度、快適度の評価項目にどのような影響が加わるのかを見極める必要があると考えられる。

● 適切な情報提示手法

五感を用いる情報提示では以下の点を考慮して状況に適した提示を行う必要がある。

- メインのタスクを阻害しない
- ユーザに気付かせると同時に鬱陶しくならない
- 周囲の迷惑にならない

8. おわりに

本論文では、ウェアラブルコンピュータに適した最適な複数メディア情報における提示方法の研究について述べた。

具体的には4つの情報提示方法として、情報を文字で提示する基本メディア、視覚メディアとして背景色が赤色で情報を提示するStaticメディア、また、背景色がフラッシュして提示することができるDynamicメディア、最後に音声提示によって提示を行うことができる聴覚メディアである。

これらの提示方法を用いて最適な提示方法を調べるために、実世界用タスクとディスプレイ用タスクの2種類のタスクを通して評価実験を行った。

その際の評価項目として、タスク遂行中に対する情報提示の負荷量を求め、また情報認識の程度の評価として認識度、理解度、快適度の3つの項目で評価を行った。

その結果、負荷仕事量の値から作業領域、視線移動の量と負荷仕事量の値は比例するという結果が得られ、また視覚メディアでは認識度と快適度はトレードオフの関係であることがわかった。

また、今回の条件においては聴覚メディアが静かな環境下で、テキスト情報によるメッセージを提示する際に最も適しているということがわかった。

これにより各情報提示方法の特徴に関する知見を獲得することができた。

参考文献

- 1) 井上亮文, 柴貞行, 加藤淳也, 住谷哲夫, 重野寛, 岡田謙一: ウェアラブルコンピュータによる分散検索作業システム, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, Jan, 2005.
- 2) 大田智数, 波多野賢治, 吉川正俊, 植村俊亮: ウェアラブル環境における行動履歴を用いた情報提示, 電子情報通信学会, 2001年, 6月
- 3) 小鷹直彦, 檜山敦, 山下淳, 広田光一, 廣瀬通孝: ウェアラブルコンピューティングにおける視覚情報提示と歩行行動に関する研究, ヒューマンインターフェイス学会研究報告集, Vol.5, No.4
- 4) Robert E.Kraut, Darren Gergle, Susan R.Fussell: The Use of Visual Information in Shared Visual Spaces: Informing the Development of Virtual Co-Presence, Human Computer Interaction Institute, CSCW'02, November 16-20,2002
- 5) Robert E.Kraut, Mark D.Miller, Jane Siegel: Collaboration in Performance of Physical Tasks: Effects on Outcomes and Communication, Human Computer Interaction Institute,
- 6) Peter Tarasewich, Christopher S. Campell, and Myra Dideles: Evaluation of Visual Notification Cues for Ubiquitous Computing, Proceedings of the Ubicomp2003, pp.349-366
- 7) Jacques Terken, Liesbet Verhelst, Information Presentation for a Waerable Messenger Device, Lect Notes Comput Sci, Vol.1948, Page542-548(2000)