

「『多様化するヒューマンインタフェースと高次インタラクション』特集号」解説

心を表現するインタフェース

西本 一志*

1. はじめに

本稿では、「人の心」をいかにより良く表現できるようにするか、そのためのツールやインタフェースはどのようなものであるべきかについて議論する。したがって、取り扱う対象は、人と人とのコミュニケーションであって、「人工感情 [1]」などによる人と機械のコミュニケーションについて議論するものではない。

人の心の中にある様々な気持や思いやり、感情、感動などを的確に表現し、誰かに伝えることは極めて難しい。たとえば、親しい友人や家族、恋人など、十分にお互いを知って「気心が通じあっている」と思っている間柄の人同士であっても、ほんのちょっとした言葉づかいの問題で、思いがけない気持のすれ違いを生じてしまうようなことを、我々はしばしば経験する。特に、近年非常な普及を見ている電子的なコミュニケーションメディア（電子メールや電子掲示板など）において、ごく些細な意思疎通の齟齬が大きな騒動に発展する例が多数見られる。あるいは、たとえば旅行中にすばらしく美しい景色に巡り会い、そこで得た感動を音楽や絵画、詩などで表現しようとして、様々な作品の創作を試みることがある。しかしながら、いざできあがった作品を吟味してみると、まったく自分の思い通りの作品になっておらず、自分の心の中にある感動が十分にその作品によって表現されていないことに気づき、がっかりすることがほとんどである。このように、心の中にある相手に対する思いや気持ち、芸術的な感動などを言葉やジェスチャ、表情、映像、音響などで的確に表現することは、簡単そうに見えて実際にはさほど容易ではない。

心の中の思いを的確に表現できないことの原因は多数考えられる。その原因のひとつとして、「まだ自分自身でも自分の気持がよくわかっていない」というような、そもそも「思い」が曖昧にしか存在していない可能性が考えられる。むしろ、最初から心の中に確たる思いが存在している場合はほとんどないと言える。このため、実際にはそのような曖昧な思いを曖昧なままとりあえず表出し、それを自分自身で見聞きし体験して新たな気づきを

得たりすることによって「思い」を精練化し、精練化したものを再度表出する、というプロセスを繰り返すことによってはじめて「思い」が確立されていく場合が多い。たとえば、「喋っているうちにだんだん腹が立ってきた」というように、自分の発話によって、今まではそれほど明確ではなかった感情が明確化していくことを我々はしばしば経験する。また、感情や気持などとはやや異なるが、デザイン [2] や文章作成 [3] などの創造的作業において、このような表出と精練化の繰り返しプロセスが存在し、重要な役割を果たしていることが示されており、このプロセスを支援するシステムやツールの研究も進められている。

心の中の思いを的確に表現できないことのもう一つの重要な原因として、表出化のためのメディアの問題がある。曖昧なままか、あるいは十分に確立されたものかを問わず、ある内的な表現を外的世界において再構築しようとする際には、なんらかのメディアを利用して表出することになる。その際、メディアの表現力がそもそも十分ではないという問題も往々にしてあるが、そのほかにも、そのメディアを扱うためのツールの操作上の問題のために、外的世界での再構築がしばしば困難となっている。ごく典型的な例として、ある人の心の中でなんらかのメロディが思い浮かび、心の中ではそれがピアノの演奏として鳴り響いているとする。しかし、このような場合において、この人にいわゆる「音感」がなかったり、あるいは音感があってもピアノを演奏する技量がなければ、この心の中の音楽を外的世界において実際にピアノ演奏として再構築することは困難ないし不可能である。

そこで筆者の研究室では、このような心の中にあるさまざまな思いを的確に表出し、他者へ伝達することを支援するツールやシステムの研究開発を進めている [4]。これらの研究開発にあたり、筆者らが特に留意していることは、二点ある。第一は、心の表現のために人が自然に行う行為をそのまま歪めずに用いることである。これは言い換えれば、ツールへの心の表現の入力のために、なんらかの特殊な行為を要求しないということである。第二は、ツールがなんらかの支援を行う場合には、ある表現のために行われる行為のうち、本質的な行為は何で、付随的な行為は何であるかを見極めること、さらにツールはこの付随的な行為のみに関与し、本質的な行為には立

* 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育研究センター / ATR メディア情報科学研究所 / 科学技術振興事業団 さきがけ研究 21 「情報と知」領域

Key Words: 心, 思い, 感情, 愛情, 表現, 創造性, 表出化

ち入らないようにする，ということである．この二点を守ることによって，より自然に，より思い通りに心の中の思いや感動を表現することができるツールが構築できると考えている．以下本稿では，この二つの視点に立脚して，当研究室における取り組みについて紹介すると共に，内外で進められている同様の研究について概観する．

2. 感情の表現・伝達のためのインタフェース

喜怒哀楽は，人間のもっともプリミティブな感情であり，我々は表情やしぐさ，言葉の端々に我知らず自然にこれらの感情を表出している．対面状況であれば，このような表出された感情表現が直接相手に伝わり，自分の現在の感情がそのままに相手に理解されるであろう．しかしながら，遠隔地間における非対面型のコミュニケーションを行う場合には，このような表出された感情表現が十分に伝達されないため，お互いにどんな感情でいるのかを理解することが難しくなる．

このような問題意識のもとに，従来から多くの研究開発が推進されている．ひとつの典型的な研究の流れは，人の感情を自動認識し，それをヒューマン・コンピュータ・インタラクションやヒューマン・ヒューマン・インタラクションに用いようとする試みである．MIT のメディア・ラボにある Affective Computing[5] グループは，さまざまな生体情報計測デバイスを用いて，人の感情を認識することを試みている．たとえば，Affective Avatars[6] は，こうして計測した生体情報に基づき，VR空間に登場するユーザの分身（アバタ）の表情などを自動的に変えて，ユーザの感情がそのままアバタの表情として現れるような応用を目指している．また，表情認識技術などの研究の応用としても同様の試みが古くからなされている．

ただ，これらの研究の最も問題となる点は，計測した生体情報や表情情報をどう解釈するかにあると思われる．たとえば，一般に人は興奮すると心拍数が上昇する．しかし，当然のことながら興奮にいたる理由となった感情は，怒りの場合もあれば喜びの場合もあってさまざまであり，ある状況における心拍数上昇がどのような感情の作用によるかを特定することは非常に難しい．徹底的にありとあらゆる生体情報を計測すれば，この弁別が可能となるかもしれないが，そのために全身に生体計測センサを常時纏うようなことは現実的ではない．この問題をいかに解決するかが，感情の自動認識研究の最大の課題と言えるだろう．

上述の自動認識とはまったく逆の方向性として，人に自分の感情を意図的に入力させるようなシステムも数多く存在する．現在もっとも普及し多用されているのは，電子メールやチャット，インスタント・メッセージング

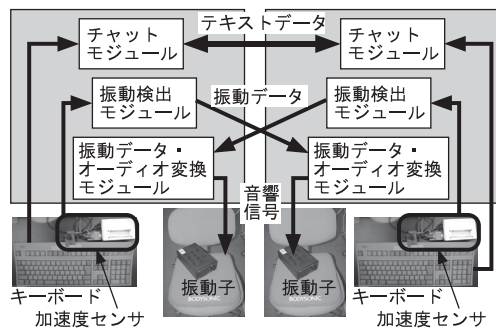
などに見られる:-) や(^_^;)などのフェイスマークである．また，仮想空間中でのアバタを介したコミュニケーションシステムでは，あらかじめ準備されたいくつかの感情の選択肢からひとつを選ぶと，アバタがその感情に応じたしぐさや表情をするようなものも構築されている（たとえば[7]）．

現状では，このような方法による感情の入力・提示がもっとも手軽で，かつおそらくもっとも正確な感情の伝達を実現していると思われる．ただ，やはりここでもいくつか問題がある．最大の問題は「わざわざ」感情を入力しなければならないという不自然さである．たとえば，腹が立っているときに，(--#)のようなマークを入力するのは明らかに不自然で滑稽であるし，本当に怒っているときにはこんなマークを入力することは普通しない．逆に言えば，このような感情の入力方法は，どのような感情であれ「ほどほど」である場合にしか使えないのではないかと思われる．

以上のような考察から，筆者らは感情の入力・伝達方法としては，不自然で意図的な入力方法ではなく，ごく自然に感情が表出されている行為から情報を得ること，およびそのような情報に基づく感情の解釈は，機械による自動処理を行わず，人間に任せてしまうことが最善であろうと考えている．この考え方に基づき，筆者らのグループでは，感情伝達機能を持つキーボード・チャット・システムである TangibleChat[8] を構築した．

音声言語対話による感情は，言葉の抑揚などのパラ言語情報に表出される．キーボード・チャットの場合，このパラ言語情報にあたるものは「打鍵行為」として現れると考えた．たとえば，怒っている時は，多くの人がキーボードを叩きつけるように打つであろう．同時に，音声言語対話の場合でも同様であるが，同じ怒りであっても，その表出の仕方は人それぞれに異なる．すなわち，個性がある．こういった感情や個性は，ひっくるめて打鍵行為の中に表出されるであろう．実際，オフィスなどで近隣の席の同僚のキーボード打鍵音で，その同僚の感情をなんとなく察知できるということを，多くの人が経験しているであろう．そこで，TangibleChat システムは，通常のチャットシステムと同様に文字情報を送受信する一方，文字情報入力時の打鍵によっておのずと生じる振動を採取し，この振動情報を相手側に送信し，相手側で振動を振動のまま提示するという手法をとった．

TangibleChat システムの構造は非常に単純である．図1に示すように，本システムは二つの通信チャンネルを持っている．そのうちのひとつは，通常のテキストベースチャットシステムと全く同じで，キーボードから入力された文字情報をやり取りするチャンネルである．もう一方のチャンネルは，キーボードに取り付けた加速度センサで採取した，キーボードを打鍵する際に生じる振動データをやり取りするチャンネルである．端末では，振動データを受信すると，これを MIDI (Musical Instruments Digital



第1図 TangibleChat システムの構成

Interface) の情報に書き換え、PC が持つソフトウェア音源にこの MIDI データを入力し、音響データに変換する。この際、振動データの強度に応じて、音響データの音量が変化するようにしている。この音響データを、オメガ・プロジェクト社製の言語学習用システム JX-1 に入力し、振動として再生して利用者に提示する。

要するに、本システムを用いれば、隣席の同僚の打鍵音を聞いているかのように、遠隔地にいながらチャット相手の打鍵を感じつつチャットすることができる。我々は、このシステムによって様々な対話状況が伝達可能であることを、被験者実験によって確認している。

3. 愛情の表現・伝達のためのインタフェース

愛情や思いやりは、喜怒哀楽のような刹那的な感情ではなく、もっと継続的で複雑な心情である。その表現には言葉ももちろん有用であるが、たとえば優しく髪をなでる、手をそっと握るなどの体感的な手段の方がより雄弁に愛情や思いやりを表現する場合が多いのではないだろうか。このような、体感的なコミュニケーションのためのツールも多数研究開発がなされている。体感伝達インタフェース全般については、本特集の「体感を伝えるインタフェース」の項に譲り、ここでは、愛情の伝達に使えるような体感伝達インタフェースについて少々述べる。

握手に近い感覚を伝達するツールとして、Grasp-Com[9] や HeartyEgg[10] などのデバイスが提案されている。これらのツールでは、圧力センサと振動子を内蔵した風船を通信する両側に準備し、一方がこの風船を握って軽く押しつづると、内蔵された圧力センサがこの圧力を感知し、相手側に圧力情報を伝達する。受信側では、圧力が生じたということを受信すると、その圧力に応じてやはり風船に内蔵された振動子を振動させ、相手側で風船が握られたことを体感的に知らせる。要するに、握力を伝えあうメディアであるといえる。このツールをフォーマルに利用しようとするならば、たとえばビジネスでの遠隔ミーティングにおける「仮想握手装置」として利用するような応用が考えられるであろう。しかし、現実にビジネスの現場でこのようなツールが使用される可能性はあまり期待できないと思う。むしろ、遠隔

地にいる親密な関係の者同士、電話で話をしつつ、同時に「手をつないでいるかのような」感覚を得るために使うような、仮想スキンシップデバイスとして使う可能性のほうが高いように思われる。

inTouch[11] も、やはり主に手による触覚を伝え合うツールである。このツールでは、3本のローラを平行に並べ、ユーザがこのローラを手で回すと、回転角および回転角速度などの情報が相手側に伝達され、同じ位置のローラが同じように回転するという構造を持つ。したがって、このツールの上に手を置いているときに、相手側でローラを回転させると、その回転が手への触覚情報として提示される。結局「撫でる」という行為を伝達するツールであり、やはり仮想スキンシップデバイスとして使うことができる。また前述の TangibleChat も、おそらくこれらのツールと同様に、ごく親しい者同士の間での、仮想スキンシップを伴うコミュニケーションデバイスとしての利用が可能だろうと考えている。

ところで、以上のようなツールを使ったコミュニケーションは、電話などと同様に、意図的に生じさせるコミュニケーションである。しかし、愛する人や大事な人への想いは、そういうコミュニケーションの際にのみ存在するものではない。そういった想いは常時存在し、全く別のことをしているときにふと「どうしているのかなあ」と考えたりする。電話をかけたりにして話すほどでもないが、相手がどうしているのか少しだけ知りたいと思い、また今自分が相手のことを想っているということを相手に伝えたいと思ったりする。このような、ごく日常的なちょっとした想いを手軽に伝え合うメディアができれば、愛情や思いやりの伝達に有効であろう。

ファミリーブランター[12]は、家族間におけるこのような想いを常時伝え合うためのデバイスである。この試みでは、植木鉢のような外観をしたデバイスを遠隔地に離れて暮らす家族それぞれの家に設置し、これらをネットワークで接続する。このデバイスは移動熱源センサ、測距センサ、接触センサ、および根本に光源が組み込まれて先端が光る光ファイバで構成されている。このデバイスの近傍を人が歩いたりして動くと、その動きが感知され、相手側のデバイスの光ファイバの先端がきらきらと輝く。また、接触センサに触れると、相手側のデバイスで軽い電子音が鳴る。このデバイスを用いることにより、たとえば外出先から帰宅してこのデバイスの前を単に通過するだけで、遠隔地の家族に対し自分が帰宅したことがごくさりげなく伝えられる。このようにして、相手の様子を少しだけ窺い知ることができるようになる。また、接触センサにタッチして電子音を鳴らすことにより、特に話すほどの事は無いが、相手のことを気にかけられているんだよ、という想いをごく手軽に伝えることもできる。

Digital Family Portrait[13]は、独居老人の日常的活動を遠隔地に住む家族がそこはかたなく感じることを

可能とするシステムである．具体的には，独居老人の住む家のあちこちに様々なセンサを設置し，老人の活動の活発さを計測する．計測されたデータは，相手側に伝達され，そこに置かれた老人のポートレート写真のフレーム部に埋め込まれたディスプレイに，活発度の大きさに応じたサイズで蝶などの図柄を表示するものである．この結果，老人と離れて暮らす家族は，そのポートレートを見ることによって，独居老人の日常活動の様子をなんとなく察知でき，極端に活発さの低い状況がその図柄から見て取れたら，電話して様子を確認することなどができる．

ファミリーコミュニケーター [14] は，同じ家に住む家族間のコミュニケーションの支援システムである．このシステムでは，家族構成員間での比較的明確な情報伝達を主に支援しているが，その目的は情報伝達そのものではなく，やはり家族構成員同士の「家族意識」の醸成にある．

このように，現在お互いの愛情や思いやりをそこはかなく伝えあうシステムの研究が進められつつある．ただ，今のところそのためのデバイスが大掛かりであり，携帯することが困難である．今後は，携帯電話やウェアラブルコンピュータなどの利用によって，常時お互いの様子や気持ちを伝え合うことのできるツールの研究開発が望まれる．近年，携帯端末と GPS を利用した携帯可能な常時接続型コミュニケーションツール（たとえば [15]）の研究開発も進められている．しかし，これらのツールは，愛情や思いやりの伝達手段としては適さないとと思われる．というのは，愛情や思いやりの伝達ツールは，過度の情報取得や伝達を行なわないようにすること，そして情報の提示方法もごくさりげないものとする必要があると思われるからである．

極端に言えば，常時伝え合う情報としては，どこで何をしているかなどの具体的な状況情報は必要なく，ただ「元気で生きている」ことだけで十分なのかもしれない．また，ちょっとした呼びかけを行なう場合でも，それは他のことを何かしているときにはほとんど気づくことができず，ちょっと息抜きしている時にはじめて気づくことができる程度のものであるべきかもしれない．ほんとうに何か伝えるべき情報があるときは，電話や電子メールなどを使えばよいのである．

4. 創造的表現のためのインタフェース

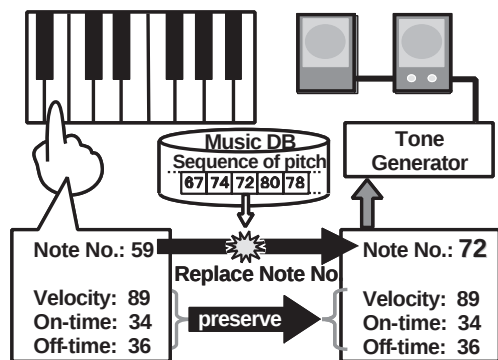
音楽が好きな人は世の中に非常に多い．絵画を見ると好きな人も多いし，小説を読むことが好きな人も多い．およそすべての人々が，なんらかの創造的作品を鑑賞することを好んでいる．しかしながら，それらの人々の大半は，誰かが創り出した作品を受動的に鑑賞するにとどまっており，自らなんらかの作品を創り出そうとする人は比較的少ない．だが，このことはそういった人々が能動的に創造・表現する行為に興味が無いということ

を意味するものではないと考える．たとえば，カラオケは人々の「自分も歌いたい」という表現願望に火をつけた．おそらく，潜在的にはほとんどの人々が，できることなら自ら創造的な表現に取り組みたいと考えているのではないだろうか．

それでは，なぜほとんどの人々が能動的に創造的表現に取り組みないのか．筆者は，その大きな原因のひとつとして，創作活動のために現在一般に利用されているツールの持つ機能があまりにも単純で原始的であることに原因があると考えている．たとえば絵筆は，色のついた線を引くことしかできないツールである．また楽器は，ある特定の音色の音をいくつかの周波数について出すことしかできないツールである．これらのツールが非常に単純なことしかできないがゆえに，それらのツールの使い方の自由度が非常に高くなっており，その結果表現の幅が広がっていることは事実であろう．しかしながら，同時にその単純さゆえに，一定レベル以上の表現を達成するためには，それらのツールを自在に使いこなすための技術を習得する必要がある，その習得に非常に多くの時間と労力を要するという弊害が生じる．たとえばバイオリンやトランペットを用いて単に音を出すことすら最初はできず，まともな音を出せるようになるだけでも何年もの練習が必要となる．

一般に，このような道具を使いこなすためのきわめて基礎的な訓練も創造的表現活動の一部とみなされているように思われる．もちろん，ツールを使いこなせない限りその先に進むことはありえないので，今のところこのような訓練が何よりもまず必要不可欠であることは否めない．しかしそれは，創造的表現のための本質的行為ではないのではないのか．創造的表現の本質的行為は，心の中に内在しているなんらかの独自の表現を極力忠実に表出することであって，その表出のためにどんなツールを使うとか，そのツールをどうやって使うかということは，本質的行為の遂行のために付随的に生じる（極言すれば）余分な作業であろう．ツールの使用方法習得の困難さゆえに，それを習得すること自体が目標となってしまう，その習得のみで満足してしまう場合が非常に多くみられるが，これは明らかに本末転倒である．本来は，ツールの用法は簡単であればあるほど良いはずである．そうすれば，人は直接に創造的表現の本質的行為に直接取り組めるようになる．しかも，ツールの操作のために能力を浪費させられることもなくなり，より多くの能力を創造的表現につぎ込めるようになり，結果としてより良い作品を産み出すことが可能となるだろう．

それでは，ツールはとにかく簡単であれば良いかと言えば，もちろんそうではない．ツールを簡単にすることは，現在のツールでは人間が操作しなければならない部分を，ツールの側で代行することに他ならない．この結果，当然のこととして人間に与えられる操作上の自由度が減少する．この操作上の自由度の減少が，表現



第2図 再現演奏用の楽器の構成

の自由度の減少につながらないようにすることが不可欠である。さもなければ、簡単化されたツールの表現力は現在のツールよりも劣ったものとなり、結果として本格的な創造的表現には使用できないおもちゃとなってしまう。どの部分の操作上の自由度を削減してよいかの判断は、表現の対象によって当然異なる。筆者らの研究室では、特に音楽の創造表現のためのツール、即ち楽器について研究を進めているので、以下では例として音楽を取り上げて議論を進める。

たとえば、一般的なクラシック音楽を演奏することを考えよう。多くの場合、クラシック音楽の演奏は、作曲家が記述した楽譜にしたがって、与えられた旋律や和声を忠実に再現演奏することが求められる。したがって、個々の演奏家の独自の表現は、旋律や和声そのものに対しては付与することができず、いわゆる「表情」にのみ付与可能である。このことは、旋律や和声の再現のためにのみ必要となる操作に関する自由度は削減してよいということを意味する。

そこで我々の研究室では、このような再現演奏のための楽器 [16] を構築した。図2にこの楽器の構成を示すこの楽器は、旋律を構成する音高列の再現を代行する。たとえば「赤とんぼ」を演奏する場合には、赤とんぼの旋律を構成する「ソドレミソドラソラドレミ…」という音高列データをあらかじめこの楽器に登録しておく。この登録の際に、各音の長さや音量などを考慮する必要は一切無い。そして演奏の際には、楽器の演奏インタフェース（たとえば鍵盤）上のどの操作子（たとえば鍵盤上の個々の鍵）を操作しても、あらかじめ登録した音高列の順に音高が再生されるようになっている。一方、各音の発音・消音タイミングや音量（たとえば鍵を押すタイミング、離すタイミング、および鍵を叩く強さ）などの「表情」にかかわる情報は、人が入力したものをそのまま使用する。この結果、演奏者は旋律を構成する音高列の再構成のための操作の大部分から解放されるが、しかしその旋律への表情付けのための操作の自由度は減少しないため、従来楽器と遜色ない表現を達成できる。このことは、被験者実験によって実証されている。

もうひとつの例として、ジャズにおける即興演奏を取

り上げる。即興演奏は、上記の再現演奏と違って、再現すべき旋律が与えられていない。しかし、ビ・バップと呼ばれるスタイルのジャズや、現代の多くの軽音楽では、コード進行が与えられていることが普通である。このコード進行を代理コードなどを使ってより複雑なものに変更する、リハーモナイゼーションなども行われるが、基本となるコード進行そのものを変更することは普通ない。そして、与えられたコードに応じて、各コードにおける個々の音高の和声的な機能（言い換えれば協和度）がおのずと決定される。即興演奏で旋律を構成する際には、各音の音高そのものよりは、各時点における和声的機能を考慮して音を組み合わせることで旋律を構成することが多い。従来の楽器を使う場合には、この和声的機能を判断し、必要な機能の音を楽器上から探し出す操作はすべて人間に課されていた。しかし、和声的機能の判定までの処理は機械的に行う作業であるため、そこまでの部分をツールが代行処理しても、演奏者の表現のための自由度は減少しない。

そこで、コード進行を考慮して1オクターブ中の12種の音の和声的機能を逐次求め、楽器の操作インタフェース上に、音を音高ではなく音の和声的機能を基準として配置する楽器 [17] を構築した。被験者実験により、この楽器を使用すれば初心者でも容易にジャズらしい即興演奏を楽しめ、しかも練習することによってより良い演奏を実現できるようになることが確かめられている。

以上の例のように、表現上の自由度を損なうことなくツールの操作上の自由度を削減することは可能であり、その結果初期障壁が低く、しかも十分な表現力を持つような、初心者も上級者も使用可能なツールを実現できる。ただし、当然のこととして、このようなツールは表現の部分を一切支援しないので、それなりのレベルの表現ができるようになるにはやはり練習が必要であり、即座に音楽家や画家などになった「気分になる」ことはできない。このようなエンターテインメント用途のためには、ある程度表現に立ち入った支援が必要となる。

たとえば、Inspiration [18] や、カシオトーン CT-647 に装備されていたアドリブミュージシャン機能などは、ジャズの即興演奏を弾いている気分させてくれる楽器である。また、絵画の領域では、名画の色配分などの分析結果に基づき、良い色配分での描画を支援するツール [19] などが構築されている。こういったツールによれば、より容易にあるレベル以上の表現を実現できるので、特に初心者が音楽演奏や絵画の創作の世界を体験するためには非常に有効である。しかし、表現の自由度を一部犠牲にしているため、このようなツールを本格的な創作のために使うことは無理であろう。

今後は、芸術分野にとどまらず、さらに幅広い分野について、創造性を触発支援するための機能がユーザインタフェースの機能として取り込まれていくであろう [20]。そのようなインタフェースデザインにあたっては、創造

のプロセスの詳細な分析と、各サブプロセスの何が本質的で何が付随的であるかを見極めることが不可欠である。

5. おわりに

本稿では、感情表現・愛情表現・創造的表現のためのツールやそのインタフェースについて、研究事例を概観しながらその設計の際に考慮すべき点について考察した。遠距離恋愛や単身赴任、子供の海外留学、独居老人の増加などが常態化する中で、人の心と心をより自然かつ親密に結びつけるためのツールやそのインタフェースは、今後より必要性を増していくと思われる。また、創造的表現を初心者から熟練者まで誰もがより容易に行えるようにするツールやインタフェースが実現されれば、人々はよりの確に自分の得た感動を表現し伝達することができるようになるだろう。心を表現し伝達するためのツールとインタフェースの研究開発は、より豊かな人間社会の実現のために大いに貢献する必要不可欠な研究分野であると確信している。

参考文献

- [1] 原文雄：人工感情－人とロボットの心の通うコミュニケーションの実現に向けて－，日本機械学会誌，Vol.95, No.883, pp.508-512, 1992.
- [2] Suwa, M., Purcell, T. and Gero, J.: Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions, *Design Studies*, vol.19, pp.455-483, 1998.
- [3] K. Nakakoji, Y. Yamamoto, B.N. Reeves, and S. Takada: Two-dimensional positioning as a means for reflection in design, *Proc. Design of Interactive Systems (DIS'2000)*, pp. 145-154, 2000.
- [4] <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/knishi/>
- [5] Picard, R. W., *Affective Computing*, MIT Press, Cambridge, 1997.
- [6] http://affect.media.mit.edu/AC_research/projects/affective_avatars.html
- [7] http://www.mhouse.net/mht_jp/mht22-jp.htm
- [8] 山田裕子，平野貴幸，西本一志：Tangible Chat: キーボードチャットにおける触覚を利用した対話状況アウェアネスの伝達，情報処理学会研究報告 2002-GN-43, 情報研報 Vol.2002, No.31, pp.103-108, 2002.
- [9] 澤田秀之，鶴丸朋史，橋本周司：GraspCom－力覚を利用した双方向入出力デバイスの試作，インタラクシオン'99 論文集，pp.201-208, 1999.
- [10] 安部美緒子，大村和典：握力インターフェースによる遠隔地間でのインフォーマルコミュニケーション，信学技報，Vol.99, No. 582, 2000.
- [11] Brave, S., Dahley, A., Frei, P., Su, V., and Ishii, H.: inTouch, in *Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH '98*, Enhanced Realities, ACM Press, pp. 115., 1998.
- [12] Itoh, Y., Miyajima, A., and Watanabe, T.: 'TSUNAGARI' Communication: fostering a feeling of connection between family members, *CHI2002 Extended Abstracts*, pp.810-811, 2002.
- [13] Mynatt, E.D., Rowan, J., Craighill, S. and Jacobs, A.: Digital family portraits: providing peace of mind for extended family members, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2001)*, pp. 333-340, 2001.
- [14] 北端美紀，池永剛，野島久雄，内村国治，山下清美：マルチモーダルインタフェースを用いた家庭内情報システム(2)－継続的利用場面の検討－，日本認知科学会第19回発表論文集，pp.190-191, 2002.
- [15] Yoshino, T., Muta, T., and Munemori, J.: NAMBA: location-aware collaboration system for shopping and meeting, *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 48, No. 3, pp. 470-477, 2002.
- [16] Oshima, C., Nishimoto, K., Miyagawa, Y., and Shirosaki, T.: A concept to facilitate musical expression, *Proc. Creativity & Cognition 2002*, ACM Press, pp.111-117, 2002.
- [17] 西本 一志，渡邊 洋，馬田 一郎，間瀬 健二，中津 良平：創造的音楽表現を可能とする音楽演奏支援手法の検討～音機能固定マッピング楽器の提案～，情報処理学会論文誌，Vol.39, No.5, pp.1556-1567, 1998.
- [18] 谷井章夫，片寄晴弘：音楽知識と技能を補うピアノ演奏システム "INSPIRATION"，情報処理学会論文誌，Vol.43, No.2, pp.256-259, 2002.
- [19] Tanaka, S., Kurumisawa, J., Plante, A., Iwade, Y., and Inokuchi, S.: Composition analyzer: computer supported composition analysis of masterpieces, *Proc. Creativity & Cognition 1999*, pp.68-75, 1999.
- [20] Shneiderman, B.: Creating creativity: user interfaces for supporting innovation, *ACM Trans. on Computer-Human Interaction*, Vol.7, No.1, pp.114-138, 2000.

著者略歴

にし もと かず し 志 (非会員)
西 本 一 志



1962年9月13日生。1987年 京都大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了。1987年 松下電器産業株式会社入社。1992年 株式会社ATR通信システム研究所 研究員。1995年 株式会社ATR知能映像通信研究所 客員研究員。1999年より、北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育研究センター 助教授。2000年より、科学技術振興事業団 さきがけ研究21「情報と知」領域研究員 兼任。1997年度人工知能学会研究奨励賞，1999年度情報処理学会坂井記念特別賞，1999年度人工知能学会論文賞受賞。IEEE, ACM, 情報処理学会，人工知能学会，各会員。博士(工学)。