Ikitomical Model2: 酸素を運ぶ呼吸と心拍の内臓表現による生きているリアリティ

吉田侑矢[1,a)]　吉田直人[1,b)]　松田智嗣[1,c)]　荻野正樹[1,d)]　米澤朋子[1,e)]

概要：本研究では，体験者の内臓を可視化，可触化し，「生きている」という実感を得る事ができるデバイスアートを提案してきた．本稿では，循環器と呼吸器の関係に着目し，体験者の心拍と呼吸動作に依存して動作する心臓と肺の模型に加えて，酸素濃度によって血液の色が変化する様子を，血管を模したチューブ内の液体で表現する，Ikitomical Model2 を提案する．

Ikitomical Model2: The Living Reality with Cardiovascular and Pulmonary Interaction as Extended Body Sensation

Yoshida Yuya[1,a)]　Yoshida Naoto[1,b)]　Matsuda Tomotsugu[1,c)]　Ogino Masaki[1,d)]
Yonezawa Tomoko[1,e)]

Abstract: In this research, we have proposed a interactive edutainment art to enable to make not only the visual externalization but also auditory and tactile sensations of the user’s heartbeat motion. In this paper, we focus on the relation between the circulatory and the respiratory system, and propose the Ikitomical Model2: an anatomical cardiovascular and pulmonary robot that externalizes the user’s breaths and heartbeats in terms of somatopsychology.

1. はじめに

近年技術の進歩によりロボット工学が大きく発達している中で，今後ヒューマノイドロボットの更なる精緻な発展が期待されている．実際に身体の内部がどのような構造や動きをしているのかを再現する事で，より細やかな Human-robot Interaction が期待できる．多くのヒューマノイドやペットロボットでは，コミュニケーション支援や，案内，教育といった目的のものが主流であり，人間の外観を精緻に再現するロボット [1] や，動作における生物性に着目する研究 [2] は見られるものの，身体の内部に踏み込んだ生物としての精緻な躍動にはあまり着目されていない．

一方で，身体の内部の動きの情報を用いて表現するインタラクティブアートは多く存在する．ヒトによって異なる身体情報を用いる事で，ひとつとして同じものはない生命を表現する．また，興奮や鎮静，緊張，感情の起伏など無意識的に変化する心理状態を，目に見える形でフィードバックする事で，自己の心理状態を意識的に感じる取る事ができる．これにより無意識的な身体の動きと心の関係性を明らかにする身体心理学的観点から，「こころとからだ」の関係性と「命」についての教育的な利用ができる．このような，インタラクティブアートの表現により鑑賞者の心理に働きかけた結果が教育的な側面を持つものを，本稿ではインタラクティブエデュテイメントアートと呼ぶ．

我々の研究では，人体への理解と自らの生命活動につい

1 関西大学
Kansai University, Suita, Osaka 564–8680, Japan
a) k544790@kansai-u.ac.jp
b) k463362@kansai-u.ac.jp
c) k544081@kansai-u.ac.jp
d) ogino@res.kutc.kansai-u.ac.jp
e) yone@kansai-u.ac.jp

© 2013 Information Processing Society of Japan

てより深く訴え，生きているという実感を得るためのインタラクションを実現する事を目的としている．この生きている実感を得るために，これまで Ikitomical Model というインタラクティブエデュテイメントアート [3] を提案してきた．Ikitomical とは，本研究のテーマである「生きている」と，解剖学的という言葉に相当する英語の“Anatomical”という言葉を振った造語である．Ikitomical Model では，意識的に感じ取る事が難しい臓器による生命活動の様を，解剖学上の知見を元にヒトの臓器を動的に外在化した．自らや他者の生命活動を見たり触れたりして生命のリアリティや心の温かさを感じさせる事を目的とし，心臓と血流について着目した．心臓という臓器の動きや血流は，生命のしなやかさを持っている．血液が血管の中を流れる事が生きているという事であり，それを引き起こすのが心臓の鼓動である．もしもその血液が循環せず，液体としてただ静的に存在すれば，それは生物の死を連想させる．一方，人としての心を持つ事を「血が流れている・血が通っている」と表現する．血液の温かみから，肉体的な意味にとどまらず精神的な温かさを連想させた結果だといえる．精神状態が影響する自律神経によっても心拍は変動する．外在化された臓器や血流の見た目が与えるグロテスクな感覚は，一見気味の悪い印象を与えるが，自らの生命活動がそれらによって支えられている事を感じ取る事で，生きているという感覚をより一層実感させる可能性がある．

そこで，Ikitomical Model2 において，循環器である心臓に加えて，“生命”に対するメタファーとして呼吸を取り入れ，血中の二酸化炭素を排出し，酸素を取り込む肺と，血中の酸素濃度が色として視覚的に反映される血流を外在化し，循環器と呼吸器の関係性を提示する．呼吸器である肺の役割は，生物の生命活動において非常に重要である．誰しもが，呼吸が困難な状況に陥り，死の恐怖を経験した事があるだろう．例えば，プールや海で溺れたり，息が切れる程に全力疾走したり，色々な状況が存在する．ヒトは，予期せず安定した周期で呼吸を行う事ができなくなると，冷静な判断を失いやすい．逆に，精神状態から呼吸の平静さを保てなくなる場合もあり，ヒトが生命活動を安定させるために，呼吸は切り離せない関係にあると言って良い．

よって，2. 節では本研究と関連する心拍を感じるための作品を紹介しながら，本稿で述べる Ikitomical Model2 システムの目的をより明確に述べ，3. 節では制作動機に照らし合わせながら，システムの詳細な構造と実際の動作と使用例について述べる．

2. 関連する作品や研究

2.1 心臓に関する作品・研究

Andrew Small ら [4] は医療用のモニター装置とコントロール装置，発光装置を用いて，人がその作品に触れたときに心臓の鼓動に反応して光るインタラクティブアートを製作した．これは装置に手を入れた人の鼓動を検出し，それに合わせて発光するというものである．このインタラクティブアートは，病院を「病院は単なる建物以上のもので，生きる機械であり，生きるための機械だ」ととらえたコンセプトのもとに製作され，病院の前に設置された．人の心臓の鼓動を視覚的な情報に変換する事で，体験する人，作品を見る人に命の存在を美しく感じさせる事ができる．

飯沢 [5] は心拍に同期して進むバイオメディアアートとして『走る心臓』を考案した．我々の体内にある心臓を外在化させるという目的と，内臓や肉片としてのリアリティのある外観を持つ心臓の再現には，本稿で述べる Ikitomical Model に共通するものがある．しかし一方で，心臓の動きそのものではなく，臓器が移動するという，自らとは別個の存在かのような表現をする事で，生々しさとは異なる新たな存在としての主張も感じられる点が，Ikitomical Model とは異なるアプローチといえる．

90 年代後半には，心拍に関係する様々な感覚拡張のインタラクティブアートが発表された．World，Membrane and the Dismembered Body[6] では，観客の体内音の増幅と無響室の活用により身体を聴覚的に拡張した．Audible Distance[7] は，空間的コミュニケーションにおける心拍の視聴覚表現をした．また，Richard[8] は身体の外在化を表現する作品を発表する中で，心臓内部も見えるような視覚的な生命のフローを感じさせる Charged Hearts を発表した．これらの作品は視覚的・聴覚的な心拍表現を追求する作品である．それに対し，本稿で提案する Ikitomical Model では，心拍そのものを発生する心臓という器官と，心拍により起こる血流を直接的な形状で示し，心拍の動きや質感と血流の速度変化に直接触れる事で起こる，内臓に触れているかのような生命の奇妙さと実感をもたらす事が狙いである．

渡邊ら [9], [10] は自分の心臓に聴診器をあてその心音を聞くと同時に手に持った振動スピーカーをそれに合わせて振動させる事で，身体外部に自らの心臓を感じる事ができる「心臓ピクニック」を提案した．また，中田らや橋本ら [11], [12], [13] は，圧力センサにより体験者が手に持った事を検出し，低周波出力のスピーカを内蔵したデバイスによる人工的な心拍の表現により生物感を感じさせるための試みや，胸にデバイスを当てる事により人物に対する好意を増幅できるか検討を行った．心拍表現を触覚提示する事により心理的な影響を及ぼす事が示されおり，Ikitomical Model においても，心臓模型としての触感のみならず，心拍の動き自体の可触化の重要性が示唆されたといえる．また安藤ら [14], [15] は映像を見る事で，自身の心音を聞いている感覚から映像の中の他者の心音を聞いているかのような錯覚を起こす感情移入として「心音移入」を試みた．これらは直接触れる事のない他者の身体情報を想定する感覚により，自らの生命活動の一端である心拍が，その提示方

© 2013 Information Processing Society of Japan

法により様々な感覚をもたらす可能性を示唆している．

一方，医学や教育的な心臓シミュレーションとして，中尾ら [16] の phantom を用いた視触覚システムは，リアルな心臓の働きを学ぶシステムであるが，リアリティを感じるためのシステムではない．他にも博物館や科学館展示における心臓血流シミュレーションにより子供への教育を狙うものもあるが，命を実感するための触覚や血管に触れる事による血流の変化を観察できるものではない．本研究で提案するデバイスでは，体験者は心臓の形をしたデバイスに実際に触れる．シリコンで形成した心臓は体験者の心拍に合わせて動く．また，心臓から出た透明なチューブでできた血管の中には血液をイメージした赤い液体が流れ，その流れを確認したり，血管をつまんで血流を感じたり止めたりする事ができる．自らの心臓の動きをリアルな心臓デバイスによって目で見て触れる事で，具体的な自らの臓器のしなやかさとその生命活動のままならなさを実感し，制御不可能な緊張や弛緩を通じた自身の感情の動きを感じる事をコンセプトにしている．本研究においては，内臓としての心臓と血液の流れをリアルに再現している．リアルな見た目と動きを再現した心臓は，一見気持ち悪く感じるが，普段見る事のない生きた心臓に触れているような「生きている」感覚を与える事ができると考える．自らの命を感じさせるという教育的な要素においては，触れたり阻止しようとしたりしても動き続ける，自分にもままならない生命活動に触れる感覚は重要である．

2.2 肺に関する作品・研究

荒井 [18] は，音声生成のメカニズムを説明する上で，より効果的に音響教育を行うために，実際にヒトの声道を計測して制作された従来の声道模型を生かすために，肺の模型と頭部模型を開発した．本研究とは，呼吸から肺の動きを可視化するという点で共通しており，今回の肺模型の設計段階において参考にした．

3. Ikitomical Model2 システム

3.1 システム構成のコンセプト

Ikitomical Model2 は，生きている “Anatomical Model”，つまり，まさに今解剖したかのような人体模型の概念を通じて，自らや他者の心拍を見たり触れたりして生命のリアリティを感じるためのインタラクティブエデュテイメントアートである．従来までの Ikitomical Model では，故意に制御する事が不可能な不随意運動のみに焦点を当てる事で，同様に制御不可能な生命の躍動を実感してもらう事を狙いとしていた．一方で，本稿で新たに取り入れた呼吸運動は，完全な不随意運動とは言えず，意識的に制御する事も可能である．しかし，ヒトが呼吸を止めれば生命の危機に陥る事から，体験者に生きている実感を与えるためには効果的であると考える．よって Ikitomical Model2 では，1 名の特定の体験者の脈拍と呼吸に同期して，心臓と肺の伸縮が起こり，血管の中の血流の速度がその都度変化する様子を表し，呼吸の強度によって変化する酸素濃度を血液の色に反映した．心臓と肺は触感も生々しく再現し，内臓の可視化と可触化を実現する．

特に，リアルでグロテスクな構造から生まれる気持ち悪さにより，生きている内臓を外在化したような表現を狙いとし，以下に述べる通りシステムの構成および動作のデザインを行った．

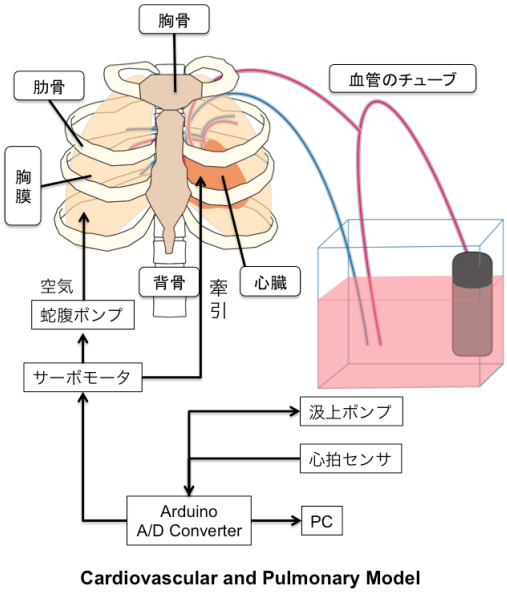

図 1 システムの構成図
Fig. 1 System's Total Structure

3.2 システム設計と構成

体験者自身の脈拍と呼吸を元に，触れるまでは動作していなかったリアルな心臓模型と肺模型が動きだし，血液が循環しはじめる様子を表現するため，リアルに造形された弾力性のある心臓と肺の模型の制作，脈拍センサによる体験者の脈拍の検出，サーボモータによる心臓動作の制御，水中ポンプによる血流の制御，検出された脈拍に合わせた適切な制御タイムラインの設計，および，呼吸の検出と肺模型の制御を行う事とした (図 1)．これにより，体験者の脈拍に合わせて，センシングされた体験者の脈拍と呼吸のタイミングに合わせた心臓模型と肺模型の伸縮，模擬血液の水流速度を変化を実現した．

3.2.1 動く臓器模型としての造形

Ikitomical Model2 では，臓器の忠実な造形とともに，触れたときに感じられる内臓のような弾力性や，実際に動かすための伸縮性および耐久性の高い素材が求められる．そこで心臓模型の制作には，市販の伸縮性を持つ造形用ゲル「GUMMY CAST SOFT」を用いた．紙粘土で作られた心臓の原型により，シリコンで型を取り，GUMMY CAST

© 2013 Information Processing Society of Japan

紙粘土の造形　シリコンでの型取り　着色後

図 2　心臓模型の成形プロセス
Fig. 2　Process of molding cardiovascular model

図 3　心臓模型および模擬血管
Fig. 3　Cardiovascular model and imitation blood current

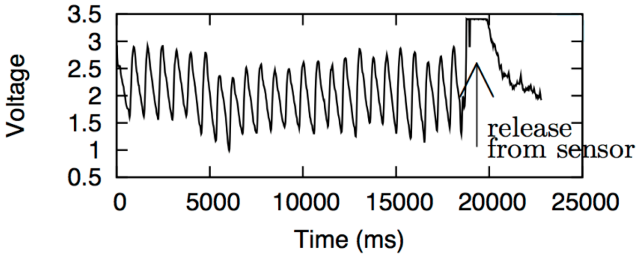

図 4　脈拍の推移
Fig. 4　Change of Pulse Rate

SOFT の成型および赤色顔料による着色を行った（図 2）．次に，肺模型では胸膜部，骨部に分かれる．胸膜部には，蛇腹ポンプから送出された空気によって伸縮するため．強い弾性を持つ熱可塑性エラストマーシートを用いた．骨部は胸骨と肋骨，背骨に分けられるが，何れも骨としての硬度が求められるため，粘土樹脂を用いた．模擬血管となる部分には，市販の直径 5mm のシリコンチューブを用いる事で，耐水性や加工性を保障した．造形した心臓と模擬血管を配置した結果の外観を図 3 に示す．

3.2.2　脈拍の検出

指先をこのフォトリフレクタ素子の上に軽く乗せると，毛細血管の脈に合わせて反射光の強度が変化する事を応用しているものである．本システムでは，A.P.Shield の基板上からフォトリフレクタ素子のみを外して延長する事で，心臓模型や血流を実感する部分に近づけて配置する事とした．得られた脈拍の時間軸上の推移を図 4 に示す．脈拍の値は平滑化し，変化量を観察する事で，ピーク時の極値をとった事を検出する．ピークの時に脈拍があった事とする．

3.2.3　心拍動作の制御

硬化後グミのような柔らかさと伸縮性を持つ造形用ゲルを用いたため，素材が柔らかくリアルな動作制御が可能である．心臓の裏面部をプラスチックの糸で牽引する事により，心臓がポンプのように膨らんだり縮んだりする動きの様子を再現する．そのため，心臓裏面部の表面にシリコン用接着剤を用いて合皮テープを接着し，合皮テープにかぎ針を固定し，プラスチックの糸をかける場所を設けた．牽引はトルクが 180[mA]–240[mA] と強めのサーボモータ MG90S を用い，プラスチックの糸をギア部に取り付けて木製の固定台に取り付ける．心臓収縮時は最大 80 度牽引，それ以外の時は 0 度とする事で，sin(80) × 1.5[cm] 分の心臓模型の動きを実現した．

3.2.4　模擬血流の制御

まず血流を心臓部に流し込むように見せかけるため，水タンク部分に模擬血液を準備した．この模擬血液は，食紅を混ぜて着色した水道水である．ここから水中ポンプ NISSO fleeflow 200(NIF–730) を用いて模擬血液をくみ上げ，直径 5mm のシリコンチューブ内を通し，心臓部を通過したのち，再び水タンクに模擬血液を戻す．水中ポンプの制御は，交流電流をソリッドステートリレー S108T02 により制御する事で実現する．この際，チューブが着色された水で満たされた以降は，水流をチューブ内に流し込んだり水流を止めたりするだけでは，視覚的には変化が分かりにくいという問題がある．血管に触れる事で多少なりとも水流の有無を感じる事はできるが，血液がめぐるそのスピードの変化を感じるためには，水流の変動を視覚的にもわかりやすくする必要がある．そこで，ポンプから模擬血液をくみ上げた直後の，水タンク内水面上にあるシリコンチューブに，直径 2 ミリほどの穴をあけた．この穴は，シリコンチューブ内に気泡を取り入れ，模擬血流の流れに乗せて移動させるためのものである．ポンプが模擬血流をくみ上げる水圧と外部の空気圧の関係の変化により，気泡がわずかに紛れ込む事を利用している．

3.2.5　脈拍に応じた心拍動作と模擬血流の制御

センシングされた体験者の脈拍のタイミングに合わせて，心臓模型の伸縮，および，模擬血液の水流速度を変化させる．本稿で紹介するシステムの脈拍検出センサ部分，および心臓模型の動作や模擬血流の強弱は，すべて，5V 電源の Arduino Uno R3(ATMega 328) を通じて制御している．脈拍のタイミングに合わせ，サーボモータによる心臓模型の伸縮と模擬血液の水流を調整する．具体的には，脈拍タイミングと判定された瞬間に，サーボモータの角度を 80 度とし，模擬血液の水流をおこす水中ポンプの電源を ON にする．脈拍タイミングから 80ms 経過後にサーボモータ

© 2013 Information Processing Society of Japan

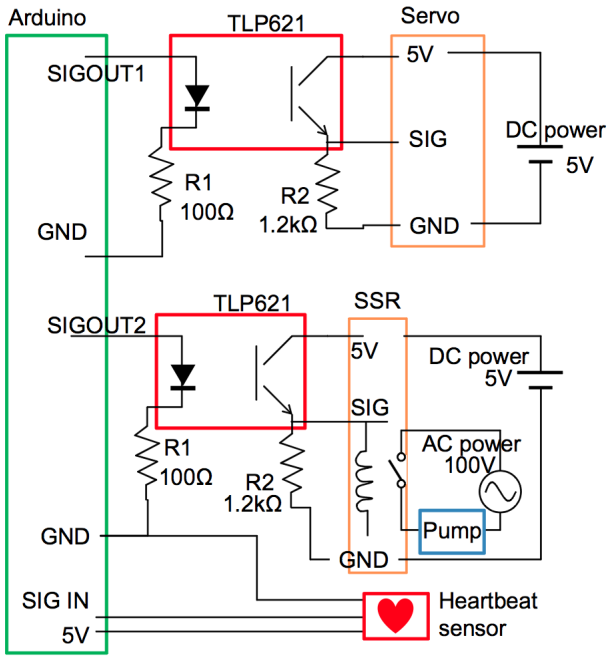

図 5　心臓模型伸縮と模擬血流，脈拍センサの分離電圧供給

Fig. 5　Isolation Voltage for Expansion and Contraction of Cardiovascular Model, Imitation Blood Current, and Pulse Rate Sensor

の角度を 0 度に戻し，150ms 経過後に水中ポンプの電源を OFF にする (図 6)．この事で，心臓の伸縮が起きた事により血液の循環が起こり気泡が流れて見えて，循環停止後にその流れのスピードがゆっくりになっていく様子を再現できる．ところが，サーボモータと水中ポンプの制御により，Arduino の内部電流にノイズが発生する場合がある．その時，同様に Arduino を用いてセンシングされる脈拍の値に大きな影響が出る．これは，制御により必要とされる電流が Arduino 内部を瞬間的に大きく流れる事による．これに対し，サーボモータ用と水中ポンプ用の制御のためにそれぞれ DC5V の電源を準備し，フォトカプラ TLP621 を一つずつ用いて回路を分離する事で，安定した脈拍情報の取得が保障された (図 5)．

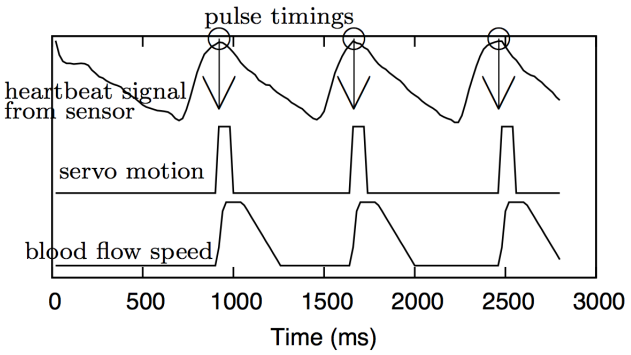

図 6　脈拍タイミングとサーボモータ・血流速度

Fig. 6　Timing of Pulse Rate, Servo Motor, and Velocity of Blood Current

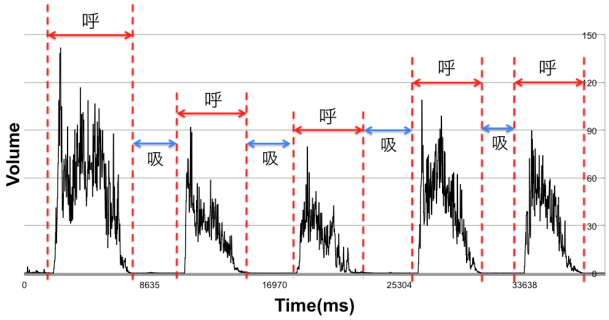

図 7　呼気音の検出

Fig. 7　Detection of the Sound Breathing out

3.2.6　呼吸の検出と肺模型の制御

人の呼吸の強度を検出する方法は幾つか存在し，胸郭或いは腹部にベルトを取り付け，呼吸による伸縮から検出する方法や，鼻の穴に温度センサを挿入し，呼吸による温度変化（呼気時は高温，吸気時は低温）を検出する方法等が知られており，実際に医療において用いられている．これらの方法を用いる事で高精度な呼吸データを検出する事はできるが，ベルト型センサは肌に密着させる必要があり，温度センサを鼻の穴に挿入するというのも，体験する事に抵抗を与える事が考えられる．より手軽にシステムを体験してもらうために，Ikitomical Model2 では，口呼吸によって生じる音の大きさの変化から，呼気音の検出を行った．図 7 は，マイクに対して複数回息を吹きかける事で生じた音量の変化である．大きく波打つ部分が息を吐いた事を表し，ほぼ変化のない部分は息を吸った事を表している．これらの情報から，肺模型に送り込む空気の量を調節する．体験者がマイクに向けて呼吸を始め，システムが吸気を検出すると蛇腹ポンプが肺模型へと空気を送り出し，呼気を検出すると，空気の送出を止めて肺模型が萎む様に設計した．

3.2.7　システム動作

上記のシステムによる動作の流れ，および使用状況の例を以下に述べる．まず，体験者が脈拍センサ部分に指を乗せ，マイクに息を吹きかけると，2 秒程度で検出が始まり，脈拍のピーク毎に，心臓模型の伸縮動作と，模擬血液の気泡を伴った水流が起こり，呼気の検出毎に肺模型へと空気が送られ，体験者は自らの脈拍と呼吸に同期した循環器，呼吸器模型のリアルな動作を実感できる．脈拍は運動後などの特殊な状況以外では自覚のない情報である．そこで，聴診器を用いて自らの心音を確認しながら，ペースがあっている事を実感するという使用例も試行を実施した．ここで，Ikitomical Model2 の利用状況として，体験者が一人で体験する状況と他者の存在する状況が想定される．一人での体験では，自らの心臓の動きが外在化され，あたかも内臓を取り出してきたような気味の悪い感覚を得られる．また同時に，生き物としての繊細で丁寧に扱う対象のような

© 2013 Information Processing Society of Japan

感覚も得られる．一方，他者が存在する時，自らの内蔵を取り出したかのような感覚は，非常に私的な体験者の内部を見せてしまっているかのような感覚をもたらす．また，そこにいる他者は，体験者の私的な身体を見たり触れたりする感覚を得る事で，触れてもいいのかという躊躇いや不安を感じたり興奮を覚える事もある．

4. おわりに

本研究では，「生きている」と，“Anatomical”(解剖学的) という言葉から捩られた Ikitomical という造語を用いて，Ikitomical Model というインタラクティブエデュテイメントアートの提案を行って来た．ヒトの臓器や血流を動的に外在化し，生命のリアリティや心の温かさを伝える事が目的である．本稿では，Ikitomical Model2 として，より強く「生きている」という実感を体験者に与えるために，循環器と呼吸器の関係に着目し，心臓と肺，それらを巡る血流を可視化，可触化した．今後は，胎児が母胎前において絶えず聴いていた音である，心拍や血流の音を表現する事で，体験者により生命を実感してもらうと同時に，体験する事によるリラクゼーションの効果を狙う．

謝辞 本研究は，一部関西大学若手研究者育成経費を受けて，実施された物である．

参考文献

[1] Daisuke Sakamoto, Takayuki Kanda, Tetsuo Ono, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, “Android as a Telecommunication medium with Human-like Presence,” in Proc. 2nd ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction (HRI2007), Washington DC, USA, 2007.

[2] Fukuda, H. and Ueda, K., “Motion induced Animacy Perception as Optimal Inference.” Proceedings of the 5th International Conference on Cognitive Science, pp. 95 – 96, 2006.

[3] Yuka Nagata, Yuka Niimoto, Naoto Yoshida, Tomoko Yonezawa, “Ikitomical Model: extended body sensation through a cardiovascular robot,” in Human-robot Interaction 2013 Proc., D20, 2013.

[4] Andrew Small and Steven Almond, “Anyone Who Has A Heart,” http://www.coroflot.com/stevenalmond/Anyone-Who-Has-a-Heart, 2010.

[5] 飯沢未央, “走る心臓 (External heart),” http://iimio.com/work/external-heart/, 2009.

[6] 三上晴子, “World, Membrane and the Dismembered Body:存在、皮膜、分断された身体,” 1997.

[7] 前林明次, “AUDIBLE DISTANCE(視聴覚化された「間」),” 1997.

[8] Catherine Richards, “Charged Hearts,” National Gallery of Canada, 1997.

[9] Junji Watanabe, Yui Kawaguchi, Kyosuke Sakakura, Hideyuki Ando, “Heartbeat picnic,” http://www.junji.org/heartbeatpicnic/ , 2010.

[10] 渡邊淳司, 川口ゆい, 坂倉杏介, 安藤英由樹, “心臓ピクニック”：鼓動に触れるワークショップ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp, 303–306, 2011.

[11] 橋本悠希, 梶本裕之, “生物感提示装置,” インタラクション 2008, インタラクティブ発表, 2008.

[12] 中田五月, 橋本悠希, 梶本裕之, “鼓動・呼吸運動を模した触覚刺激による生物感の提示,” エンターテイメントコンピューティング 2008, 2008.

[13] 西村奈令大, 石井明日香, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之, “自己の心拍を触覚提示するデバイスの検討,” インタラクション 2012, pp. 849–854, 2012.

[14] 安藤英由樹, 渡邊淳司, 佐藤雅彦, 心音移入,http://www.junji.org/eh/index.html

[15] Hideyuki Ando, Junji Watanabe, Masahiko Sato, “empathetic heartbeat,” Prix Ars Electronica 2012 Interactive Art division, 2012.

[16] 中尾恵, 小森優, 小山博史, 松田哲也, 上林弥彦, 高橋 隆,” ActiveHeart System: 心臓の視覚・触覚シミュ レーション環境 の提案と構築,” インタラクション 2001,2001.

[17] 川口隆夫, 山川冬樹, “D.D.D. 私の心臓はあと何回鼓動して止まるのか ” 2007.

[18] 荒井隆行，”肺の模型と声道形状を視覚的に捉えられる頭部模型を用いた音響教育教材”，日本音響学会発表会講演論文集 2005(1)，273–274，2005-03-08

© 2013 Information Processing Society of Japan