

インタラクティブ進化計算による設計と計測

高木, 英行
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/4488445>

出版情報 : Journal of the Society of Instrument and Control Engineers. 44 (1), pp.6-11, 2005.
計測自動制御学会
バージョン :
権利関係 : © 2005 SICE



インタラクティブ進化計算による設計と計測

高木 英行*

*九州大学大学院芸術工学研究院 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1
*Faculty of Design, Kyushu University, 4-9-1, Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka, Japan
*E-mail: takagi@design.kyushu-u.ac.jp

キーワード：インタラクティブ進化計算 (interactive evolutionary computation), 対話型進化計算 (interactive evolutionary computation), MEMS 設計 (MEMS design), 心の計測 (mental health measurement), 人工環境設計 (artificial environmental design).

JL 0001/05/4401-0006 © 2004 SICE

1. まえがき

1980年代後半以降、計算知能技術が実用技術として急速に広まり、90年代からは産業システムだけでなく民生機器にもファジィ技術やニューラルネットや進化計算がシステムに組み込まれたり設計に多用されるようになった。

では今後の知能情報分野はどのように展開するであろうか。人によっていろいろな見方があるであろうし、実際いろいろな展開があると思うが、人間要素をもっと積極的に取り入れることがより重要になってくるであろう、というのが筆者の私見である。

たとえば、従来の制御工学や機械工学は、位置、速度、障害物等の計測可能な物理データを扱うことを前提にしている。産業用ロボットの場合はそれでよかったが、「かわいい」「和む」「優しい」振舞いや表情や反応が求められる最近の民生用ロボットでは、これら人間要素を実現する設計なくては商品価値がない。

同様に、従来のデータマイニング技術でもデータを視覚化したりデータから知識を取り出したりすることは可能である。しかし、質の良い知識を獲得したり知識の洗練化をしたりするには、知識の質の良し悪しがわかる当該分野の専門家の協力なしでは不可能である。

信号処理の分野でも同様である。信号処理技術だけでは不十分で、雑音除去、歪補正、補聴器フィッティング、医療画像強調など、最終的には人間の視聴覚を通した判断がすべて、という応用は多い。補聴器の音がどのように聞こえているのかの計測は不可能で、「好み」も含めたユーザの聞こえの評価を手がかりにフィッティングせざるをえない。

このような最近の要求に対しては、従来の工学技術だけでは不十分で、従来技術と人間の評価特性とを組み合わせる枠組みが必要になる。知能化技術でも同様で、従来の計算知能技術に人間要素を組み込み、より強力になる技術がここ数年、求められるようになってきた。

インタラクティブ進化計算 (IEC) または対話型進化計算は、人間の好み、知識、判断能力などを直接進化計算の最適化に取り込む技術で、Humanized Computational Intelligence を実現する一手段である。IEC は次章で紹介するように広い応用分野で利用されている。本解説では、この中から最近の話題 3 題を 3 章以降で紹介する。

2. インタラクティブ進化計算

IEC は、人間の評価に基づいて進化計算が対象システムを最適化する手法である。通常のシステム最適化は仕様・ゴールとの数値的誤差を手がかりに最適化を行うため、内部で評価関数 (コスト関数) を扱う。しかし、システムによっては数値的ゴールが与えられない場合もある。あるデザインコンセプトに合うような絵や音を生成したい、聞こえやすくなるよう補聴器をフィッティングしたい、人工現実感を向上させたい、などはどの程度目的に近づいたかを計測できない。ユーザの主観的な反応が最適化のための唯一の手がかりである。しかし従来の最適化手法では、心理的 (非数値的) ゴールを与えられても対処が困難である。

この解決には、人間の主観や専門知識による評価に基づいて、最適化手法が対象システムを最適化する枠組みが必要である。IEC はこの枠組みの中で、最適化手法に進化計算を用いた手法である。わかりやすくイメージしていただくためには、進化計算のフィットネス関数 (評価関数) を人間に置き換えたシステムである、と考えていただければよい (図 1)。

IEC の研究動向の詳細は文献¹⁾²⁾に譲り、本章では全体像を概観する (注 1)。

IEC 研究は 2 次元コンピュータグラフィックス (CG) で生物進化を表現した Dawkins の biomorph (1986) に始まる。が、実質的には 1990 年代に入ってから研究が始まったと言ってもよい。90 年代の前半は、アート応用が中心であったが、90 年代後半になると、工学的な応用や教育・ゲームなどの応用が盛んになってきた。

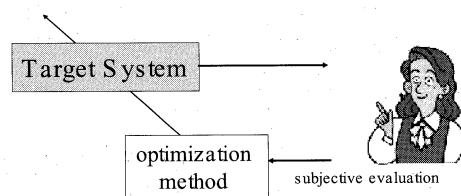


図 1 IEC の枠組み

(注 1) 特に文献 2) には 251 の IEC 論文のサーベイを含み、この分野への入門に最適である。http://www.design.kyushu-u.ac.jp/takagi/TAKAGI/IECsurvey.html からは日本語訳も入手可能。

IEC 応用はアート応用、工学応用、その他に分類できる。アート系では、グラフィックアート生成、音楽生成、CG 形状の生成、CG ライティングデザイン、工業デザイン、ウェブページデザインや商業デザインなどが含まれる。代表的な生成方法としては、遺伝的プログラミングで数式を生成し、画素座標 (x, y) を代入して1つの数値を得、この数値を当該画素の色や輝度に対応させる方法で、2次元 CG に用いられる。第2の代表的な方法としては、色、フォントサイズ、種類、位置、等の最適組合せ問題とする方法で、エディトリアルデザインに用いられる。モンタージュ生成も IEC には有用な方法である。われわれは顔の識別に個々の部位の特徴を覚えているわけではないので通常のモンタージュ生成は困難であるが、全体の顔の印象の類似判断だけでモンタージュ生成できる IEC の方法はモンタージュ生成に適した方法と言える。

IEC の工学応用には、音声処理、音声合成、画像強調、補聴器フィッティング、人工現実感、印象によるデータベース検索、データマイニング、制御・ロボット、などがある。誰も他人の聞こえが分からず、計測できる聴覚特性もごく一部であることから、他人の聞こえを想像しながら経験に基づいて補聴器フィッティングする現在の方法には原理的な制約がある。IEC を用いると本人の聞こえに基づいて最適化することができるので、この原理的な問題を解決できる可能性がある。

IEC のその他の応用には、教育やゲームやセラピー応用がある。通常、アートの感性教育を行う場合、絵を書かせたり物を作らせたりするが、この場合の感性は技能のフィルタを通して観察されることになる。IEC 技術を用いれば、与えたデザインコンセプトに対する心象イメージに基づいて評価することでイメージの具現化を図る。この方法であれば技能の良し悪しを切り離して感性表現が可能になることから、IEC を感性教育に応用することができる。イラストの組合せを通して低学年児の作文ストーリー生成支援を行う研究もある。

応用と対をなす IEC 研究は、ユーザ疲労問題を主対象とするインタフェース研究で、90 年代後半から取り組み始められた。

IEC は多点探索あるいは個体ベースの探索である進化計算を用いるため、IEC ユーザには多くの個体の比較・評価が求められ、疲労問題が避けられない。この対策として、入出力のインタフェース、評価予測、高速化、評価だけでなく探索へも IEC ユーザが加わる方法、などがある。

離散的評価値入力、第1章で述べた評価精度を下げることで評価に対するストレスを軽減する方法である。主観評価実験結果とシミュレーション結果から、粗い評価を許すことによる量子化ノイズ増に起因する収束の遅れは、評価世代数が少ない IEC に対して影響は少なく、大雑把に評価できる心理疲労軽減効果は大きいことが示された。

評価値予測は、IEC ユーザの評価特性を学習して評価値予測器を作成する方法である。予測ができれば、ユーザが評価比較がしやすい順に個体提示をしたり、予測器をフィットネス関数として多数の個体数でシミュレーションした後に、上位 n 個体を IEC ユーザに提示することで収束速度を向上させることが可能になる。予測のための学習が初期世代の少ない個体に限られるため予測精度は粗いが、ないよりはまし、という戦略である。

空間比較ができない音やアニメ等を扱う場合は時系列提示をせねばならないので、複数の個体を評価する IEC ユーザにとっては比較のための疲労が大きくなる。そのための提示する素材の組合せ方法の改善や、メローディ（個体）全体の比較評価ではなく、提示途中の部分的なフレーズに対して良し悪しの評価をすることで評価時間を削減し疲労を軽減させる音楽生成などがある。

早い世代での収束は疲労軽減に役立つ。新演算方法の提案など、進化計算のための多くの収束高速化手法はすべて IEC に利用できる。しかしその中でも、特に早い世代での収束に効果がある手法が求められる。粗くても初期段階で効果がある収束高速化手法が IEC には求められる。そのような1つに個体分布を単峰性関数で近似し、そのピーク座標を有力な解候補として個体に加える方法がある。この解候補への評価が芳しくなくても多くの解の1つの話であるし、有力な解であれば次世代の親個体として探索へ大きな影響力を発揮することになる。すなわち low risk, high return 戦略が取れる³⁾。

IEC ユーザに個体評価だけでなく、進化計算が担当している探索にも積極的に加われるようにすることで単調さによる疲労を軽減し、収束の高速化を図る方法が提案されている。筆者がオンライン知識組込みと呼ぶ方法は、探索中によい部分解が得られたらその解を以後固定する仕組みを導入する方法である。ただしモンタージュや一部の CG 形状パラメータのように解パラメータと提示像の部分とが1対1対応している場合にのみ有効な手法で、フィルタ係数と音色や画像処理結果のように1対1対応していないときには使えない。

Visualized IEC は進化計算の探索空間を2次元空間に写像することで、探索ランドスケープを視覚化する手法である。IEC ユーザは個々の個体を評価するだけでなく、解の分布状況から最適解の位置を視覚化された空間中で視覚的に推定し、その推定最適解を次世代の探索に利用することで収束の高速化を図ることができる。

3. MEMS 設計への熟練知識の組込み

MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) は半導体の微細加工技術を用いて生成される微細な電子回路と機械要素を組み合わせたシステムで、日本ではマイクロマシンと呼ばれることも多い。超小型のセンサ、アンテナ、スイッ

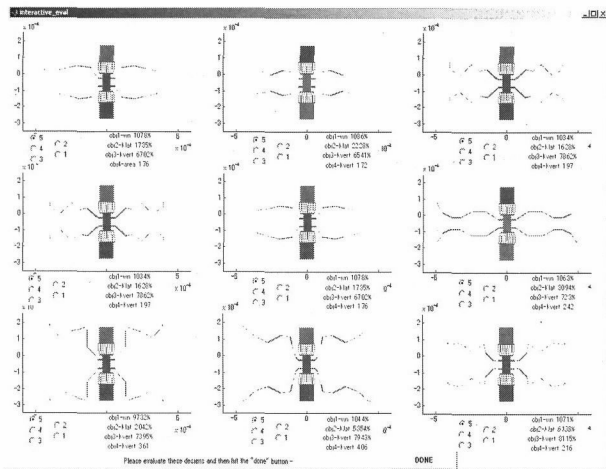


図2 MEMS設計のIECユーザインタフェース

チ系を組み込んだチップなど、医療、バイオ、センサ、情報通信分野等での応用が広がりつつある。

共振系をもったMEMS設計を例に取れば、共振周波数、水平方向・垂直方向の剛性ができるだけ設計仕様に近く、かつ設計面積が最小となる機械系形状を探索するため、多目的最適化問題として設計に進化計算を導入することが可能である⁴⁾。

しかしながら、多目的最適解として得られた設計解であっても実際には1/4~1/3程度しか使い物にならないと言われている。設計者がGOサインを出す設計条件をすべて自動設計手法で記述できないためである。この中には、「素性がよい」というような経験に基づく視覚的判断も含まれるが、このような専門知識・経験を従来手法のままで自動設計に取り込むのは困難である。

このような問題はIECの得意とするところである。進化計算による多目的最適化(EMO)+IECを導入することでEMOのみの従来手法に比べてどの程度設計の質が向上するかを評価した。

IECの実験条件は、多目的最適化で得られたパレート解およびその近傍解を視覚的に切り出して初期値解とし、個体数27で11名のIECユーザが気に入った設計解が得られるまで5段階評価を行い探索世代を進める。図2にIEC探索のGUIを示す。詳細設計を図示するため1画面当たり9個体を表示し、3画面の切り替えで一世代の個体数27個全部を表示し評価値を得る。評価点は、図2中の各個体表示の下に用意された5つの得点ボタンをクリックすることで1~5点の5段階評価を行う。

EMOのパレート解中で5段階評価の最高得点を得た設計解と、今回提案のEMO+IECで得られた5段階評価の最高得点を得た設計解とを比較する。被験者のIECユーザは、MEMS設計経験がある6名と経験の浅い5名、の計11名の大学院生である。この実験結果を表1に示す。表の見方は、たとえば、ユーザ1は、EMOで設計したMEMS

表1 11名の被験者による一対比較実験結果。対提示をしたときの、EMO+IECまたはEMO設計の方がよいと判定した個数を示す。

user #	expert?	# of highest score	
		EMO+IEC	EMO
1	Y	7	9
2	Y	12	6
3	Y	7	3
4	N	6	2
5	Y	4	4
6	Y	11	9
7	N	8	7
8	Y	1	0
9	N	6	3
10	N	12	7
11	N	9	2

設計解27個体中9設計解に最高評価5点を与えたが、その27個体を初期値としてIEC設計を続けた結果は、設計解27個体中最高評価5点は7設計解に落ちてしまった。同様に、ユーザ2は、EMOだけで設計を終わったときには最高評価5点が6設計解しかなかったが、その後続いてIEC設計を行うと最高評価5点が12設計解まで増えた、と読む。

単純に勝率を求めれば、引き分けのユーザ5を除くと、9対1でEMO+IECが最高得点を得る解が増え、符号検定でも有意である。さらに検定精度を上げるため、表1中のEMO対(EMO+IEC)の差を求め、この差に対する順序尺度を導入したWilcoxonの符号検定を行った結果、危険率1%で、EMO+IECの方がEMOよりも設計の質が良くなっていると判断された⁵⁾。すなわちIECを導入することでMEMS設計の質が向上したと言える。

なお、表1中には参考のため経験レベルも示した。今回の実験では経験の有無(6人対5人)の被験者数が少ないため、MEMS設計の経験による評価の違いについて検定をかけることができない。しかし、両者の評価の違いに差異があるのかどうかは興味あるところである。

4. 心の状態の対話的計測

IECでは主観評価に基づいてターゲットシステムを最適化する。これまでのIEC応用はこの最適設計にあったが、このことを逆にみると、最適設計されたシステムを観察すれば、そのIECユーザの心の評価尺度に関する情報が得られるのではないかと考えられることになる。これは今までにないIECの展開アプローチである。この「心の計測」への取り組み例として感情表現幅の計測にIECを利用する研究を紹介する。

感情表現幅の計測方法は、IECベースのCG生成システムを使って複数のIECユーザに「楽しい」や「悲しい」等の感情表現テーマのCG像を生成してもらい、作成した同テーマのCG像に対するユーザ間の違いを主観評価実験で比較をし、心理尺度構成を行うものである。実験では、3次

元 CG ライティングデザイン支援システム⁶⁾を用いたが、たとえば音楽生成のような CG 生成以外の感情表現システムでも可能である。ただし感情表現結果が、CG や音作成の技能に依存するようでは出来上がった CG や音の比較を通じて心の計測ができない。これが技能を不要にする IEC システムが必要になる理由である。

実験で用いた 3 次元 CG ライティングデザイン支援システムは、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて、3 灯のライトの 3 次元空間座標、光強度、色、光源の種類 (並行光か拡散光か) のパラメータを対話的に最適化する IEC システムである。IEC ユーザには 12 種類の異なるライティングデザインが提示されるので、IEC ユーザはこれらが与えられたテーマにどの程度近いかを 5 段階評価をし、GA へフィードバックする。満足するライティングが得られるまでこの作業を繰り返す。

得られた複数の IEC ユーザが作成したベストのライティング CG 像を、複数の評価者による Sheffé の一対比較法で主観評価実験を行い、心理尺度構成を行う。ヤードステックを求めることで有意差検定が可能である。この結果、IEC ユーザの誰が他の IEC ユーザに比べて、たとえば「楽しい」表情を有意に生成できたという比較結果が得られる。

対になる表情テーマについてこの実験を行えば、たとえば「楽しい—悲しい」という感情表現幅が他の IEC ユーザに比べて有意に広い狭いという計測ができる。このような計測結果が得られれば、心理カウンセリングや精神医学の分野に有用なデータを提供できる可能性がある⁷⁾。たとえば、統合失調症者と接する精神科医やセラピストは、統合失調症者が感情に関わる問題を抱えているであろうことは経験上感じていても、感情の計測法が存在しなかったがために、この経験的知見を診断に役立たせるための定量化が不可能であった。本アプローチはこのような計測を通じて有用な知見を提供できる可能性がある。

統合失調症者にこの実験 IEC システムのユーザになっていただき感情表現幅の計測を行った^{8), 9)}。IEC ユーザは、少

なくとも半年以上にわたり、症状・薬物使用に対して変化は見られない統合失調者 3 名 (PM, PT, PK) と健常者 5 名 (NS, NN, NK, NY, NH) の、色覚異常がない計 8 名である。実験で与えたライティング課題は「楽しい」と「悲しい」で、10~11 世代の IEC 探索を行った。

こうして得られた各 IEC ユーザのベスト「楽しい」表情の CG 像 8 枚から得られる 28 対 ($8C_2$) に対し、33 名の評価者 (男 25 名、女 8 名、平均年齢 21.9 歳) が Sheffé の一対比較法 (中屋の変法) で 5 段階評価を行った。同様に 8 枚の「悲しい」表情の CG 像についても主観評価実験を行った。

得られた心理尺度構成を図 3 に、作成された表情の CG 像と有意差がある区間を矢印で図 4 に示す。「楽しい」と「悲しい」のヤードスティックの区間値を求めると、危険率 1% と 5% 時に対しておおよそ 0.19 と 0.21 であった。これらの値と図 3 の心理尺度上の被計測者区間を比較すると、統合失調者と健常者が表現する「楽しい」は、被計測者 NH を例外として、危険率 1% で有意な差があると言えるが、「悲しい」場合は危険率 5% でも有意な差があるとは言えない。

さらに、「楽しい」と「悲しい」の心理尺度値から「楽しい—悲しい」の感情表現幅が得られ、IEC ユーザ間の感情

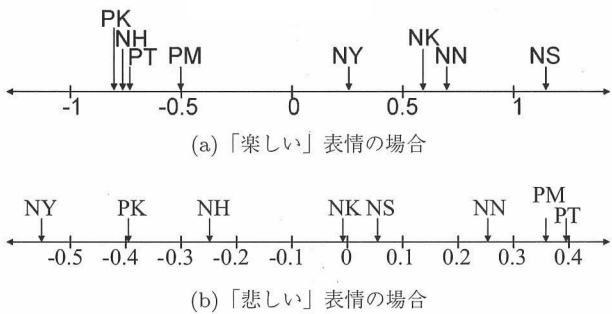


図 3 Sheffé の一対比較法で構成された心理尺度と被計測者 8 名が作成した表情の評価。PM, PT, PK は統合失調症者。

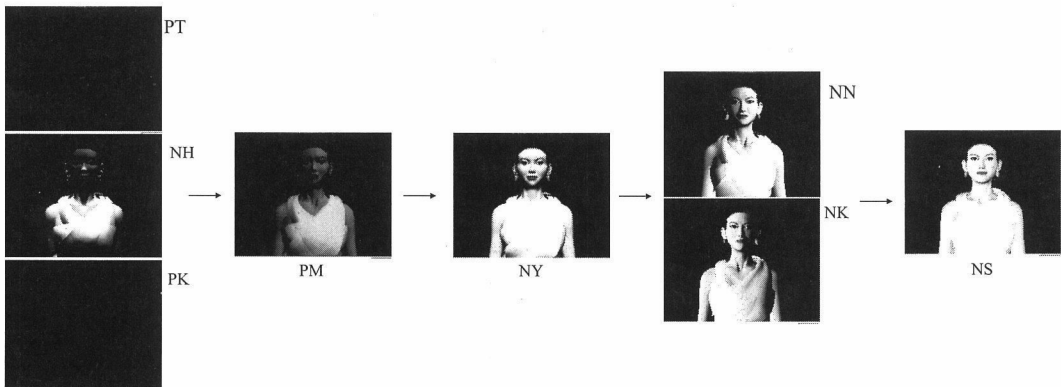


図 4 図 3 (a) に対応した「楽しい」表情の CG 像。危険率 1% で有意差がある「楽しい」表情の境界を矢印で示している。(カラー図版は口絵 1 参照)

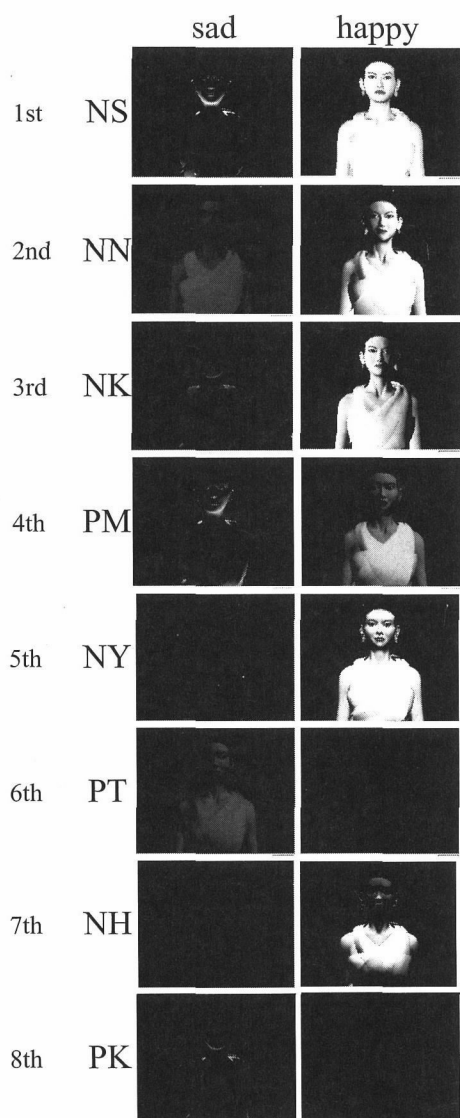


図5 「楽しい—悲しい」の感情表現幅の順位

表現幅の順位比較が可能になる（2つの尺度が異なるので間隔尺度や比尺度にはならない）。その結果を図5に示す。

この主観評価実験結果から、統合失調者が生成した「楽しい」表情は、健常者が生成した表情よりも有意に楽しさ度合いが少なく、「楽しい—悲しい」の感情表現幅が狭い傾向が見られることから、今後の研究によっては、診断の一助になるような知見が得られる可能性が示唆されたと言える。

5. 人工環境設計のための生理ベース IEC

H15年度から、21世紀 COE プログラム「感覚特性に基づく人工環境デザイン研究拠点」が始まっている。現代人は、温熱、光、香り、振動、音、映像、などが人工的に制御された複合環境に生活しており、これらがわれわれの生理・心理に大きな影響を与えている。しかし、どのような活動のためにはどのような人工環境がふさわしいかの基準

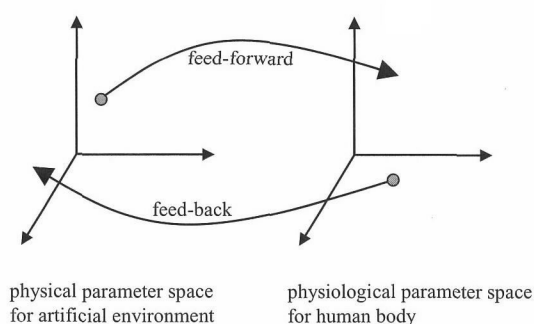


図6 環境物理パラメータ空間と生理パラメータ空間の写像

はまだ明らかではなく、本プロジェクトはこの解明と最適環境の提言を目指している。

人工環境の最適化の手がかりになるのは、その環境下における人間の生理的・心理的反応である。これまで環境生理学では、各種環境条件下における人間の生理計測を行い、環境の物理パラメータと生理データの関係を明らかにしようとして取り組んできた。この関係を解明することで、作業や生活に応じた望ましい生理特性になるように、人工環境を設計しようとしてきた。

しかしながら、システム最適化の観点で考えた場合、この手法には限界がある。人間というシステムに、熱や光などの環境物理データを入力し、生理データというシステム出力を計測するのが、これまでの環境生理学のアプローチである。すなわち、入力を与えて出力を観測するアプローチである（図6の feed-forward 方向）。一方、人工環境の最適化というのは、ある活動のためのベストな生理反応を示すように人工環境の物理パラメータを決定する問題、すなわち、出力のゴールを定めて入力を決定する問題である（図6の feed-back 方向）。このような問題は一般に「逆問題」と呼ばれる。従来の forward アプローチでは、最適化手法が適用できず、試行錯誤の最適探索になる。

そこで、主観的評価値を進化計算にフィードバックする通常の IEC の枠組みを、生理フィードバックに拡張する枠組みを提案し、この人工環境の逆問題に対処しようとの取り組みを始めている。

具体的には、(1) 物理空間上の点から生理空間上への写像は、ある人工環境下で通常の生理計測を行う。(2) 生理空間上での評価関数は、理想の生理データと、上記(1)で計測された生理データとの生理空間上の距離で定義する。単純にはユークリッド距離を考えればよいし、計測生理パラメータ間で重要度に差があるのであれば、重み付け距離でもよい。ただし距離が生理パラメータ間の値のレンジに影響されないよう、正規化してから計測する必要がある。(3) 上記(2)の評価に基づいて進化計算で物理空間の探索を行い、上記(1)の計測生理値が、より理想の生理データに近い特性になるような人工環境パラメータの探索を行う。

図7に生理的フィードバックを用いた EC による人工環

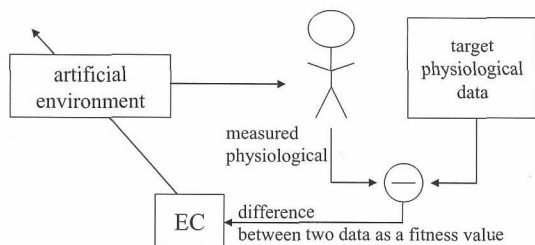


図7 生理的フィードバックに基づいて人工環境を最適化する提案枠組み

環境最適化の枠組みを示す。このタスクはターゲット生理値になるような人工環境を決定するものである。最初にターゲット生理値を設定する。ECは人工環境の物理パラメータベクトルを複数生成する。これらの複数の人工環境下における被験者の生理計測を行う。計測された生理値とターゲット生理値との差を評価値として、ECへフィードバックする。ECはこれらの評価値を元に進化演算に基づいて、次世代の複数の人工環境の物理パラメータベクトルを生成する。以降、ターゲット生理値になるまで探索を繰り返す。

図7の提案枠組みは人間からのフィードバックに基づいて対象システムを最適化するという意味において、IECの拡張と言える。また、提案枠組みは、図6の物理空間と生理空間の相互写像に基づいて、生理空間上のターゲットに相当する物理空間を探索する。この関連の研究には、筆者らの研究室における印象に基づくメディア検索がある¹⁰⁾。これは、心理空間上のターゲットを与え、それに対応する画像や音楽の物理空間の探索を行うものであり、この意味での写像ベースの探索は同様の枠組みである。

この研究はまだ始まったばかりであり、シミュレーションから始めて順次実計測、そして最適化へと進んでいる状態である。

6. まとめ

本解説では、最近の新しいIEC応用分野として、経験に基づく視覚的判断を取り込む回路設計、精神医学分野での貢献が期待される心の計測、生理的フィードバックに基づく人工環境のデザイン、の3つの応用を取り上げ紹介した。IEC研究が始まってから、アート系応用、工学応用と展開が増えてきた。もちろん現在でも、これらの分野には積極的に取り組まれているが、今回紹介した応用分野は、これらを超えた新しい分野への一層の応用可能性を示唆している。

今後も、IEC技術の一層の応用展開を期待すると共に、IECユーザの疲労問題に代表されるヒューマンマシンインタフェース研究、少個体数と少世代数による実用的な収束を実現する進化計算の研究、などIEC研究の一層の発展をも期待している。その結果、IEC技術が実用技術として社会で使っていただける技術に育つ日が早く来ることを期待したい。

謝辞

本論文の執筆に当たっては一部文部科学省「21世紀COEプログラム」の補助を受けた。(2004年10月7日受付)

参考文献

- 1) 高木, 畝見, 寺野: インタラクティブ進化計算, 北野(編), 遺伝的アルゴリズム4, 第11章, 産業図書(2000)
- 2) H. Takagi: Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capacities of EC Optimization and Human Evaluation, Proceedings of the IEEE, **89**-9, 1275/1296 (2001)
- 3) 高木英行, 印具毅雄, 大西圭: 単峰性関数当てはめによるGA収束高速化, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), **15**-2, 219/229 (2003)
- 4) N. Zhou, B. Zhu, A. M. Agogino and K. S. J. Pister: Evolutionary Synthesis of MEMS MicroElectronicMechanical Systems Design, Intelligent Engineering System through Artificial Neural Networks Artificial Neural Networks in Engineering (ANNIE2001), **11**, 197/202 (2001)
- 5) R. P. Kamalian, H. Takagi and A. M. Agogino: Optimized Design of MEMS by Evolutionary Multi-objective Optimization with Interactive Evolutionary Computation, Genetic and Evolutionary Computation (GECCO2004), Seattle, WA, USA, 1030/1041 (June, 2004)
- 6) 青木, 高木: 対話型GAによる3次元CGライティングデザイン支援, 電子情報通信学会論文誌D-II, **J81-DII**-7, 1601/1608 (1998)
- 7) 高橋, 高木: 対話型進化計算を用いた統合失調症者の感情表現ダイナミックレンジの計測, 第38回作業療法学会全国大会, 長野, p.303 (2004)
- 8) 高木, 高橋, 青木: インタラクティブ進化計算による心の計測への応用可能性, 第20回ファジィシステムシンポジウム, 北九州, 605/606 (2004)
- 9) H. Takagi, T. Takahashi and K. Aoki: Applicability of Interactive Evolutionary Computation to Mental Health Measurement, IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2004), the Hague, the Netherlands, 5714/5718 (2004)
- 10) H. Takagi and T. Noda: Media Converter with Impression Preservation Using a Neuro-Genetic Approach, Int. J. of Hybrid Intelligent Systems, **1**-1, 49/56 (2004)

[著者紹介]

高木 英行 君



1981年九州芸術工科大学修士課程了。同年松下電器産業(株)入社, 中央研究所勤務。91~93年UC Berkeley 客員研究員。95年九州芸術工科大学助教授。2003年九州大学との統合により九州大学助教授。博士(工学)。ファジィ, ニューラルネット, 進化計算, ヒューマンインタフェース等の研究に従事。特に, インタラクティブ進化計算の研究に注力している。電子情報通信学会篠原

記念学術奨励賞(1989), 最優秀論文賞(KES'97およびIIZUKA'98), プログラム委員会最優秀論文賞(ICoin-15), スロバキア人工知能学会功労賞(2002), IEEE SMC学会功労賞(2003), 日本知能情報ファジィ学会論文賞(2003)各受賞。IEEE SMC Society, IEEE Computational Intelligence Society, 日本知能情報ファジィ学会, 人工知能学会, 電子情報通信学会, 日本音響学会, 日本バーチャルリアリティ学会各会員。