

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500279

研究課題名(和文)人間科学研究のための計算知能技術基盤の確立

研究課題名(英文)Establishing the foundation of computational intelligence for human science

研究代表者

高木 英行(Takagi, Hideyuki)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・教授

研究者番号：50274543

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：人間の特性を解明するための計算知能技術基盤の確立を目指して、(1) 複雑な探索空間形状を近似して高速化する手法や新しい演算手法などを提案して対話型進化計算(IEC)技術を高度化しその性能を示した。(2) 性能向上したIECを人工内耳フィッティングに適用し従来のマニュアルフィッティングよりも高い語音明瞭度を得ることができることを示した。(3) これまでの仮説では説明できない上記(2)で得られたフィッティング特性とその高い語音明瞭度性能を説明する未知の聴覚系知見の獲得に取り組んだ。(4) 人間の気づきのメカニズムをモデル化するため、IECを用いたawarenessモデルの構築の枠組みを提案した。

研究成果の概要(英文)：To establish the foundation of computational intelligence for human science analyzing human characteristics, we: (1) proposed methods for improving interactive evolutionary computation (IEC) by approximating a complex fitness landscape and devising new IEC operators and showed their high performances using benchmark functions, (2) applied the improved IEC to cochlear implant fitting and showed its higher speech intelligibility than that of conventional manual-based fitting, (3) tackled to obtain unknown auditory knowledge explaining the fact of the (2) that cannot be explained by conventional fitting hypothesis, and (4) proposed a framework of an awareness model using IEC to model a human awareness mechanism.

研究分野：知能情報学

科研費の分科・細目：情報学/感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：対話型進化計算 探索の高速化 対比較ベースの差分進化 awareness

1. 研究開始当初の背景

対話型進化計算は人間の評価に基づいて対象システムを最適化する技術であり、多くの最適化応用がある。逆に、人間の評価に基づいて最適化された対象システムを解析できれば、その人間の特性が判るかもしれない、との考えから本研究が始まった。人間特性の解析のために計算知能技術を利用するアプローチはほとんどないため、人間科学分野に大きな貢献をするツールになり得る可能性がある。

2. 研究の目的

進化計算を人間特性の解明を行う人間科学のために使うために進化計算技術の基盤を確立することを目的とした。

これまでの進化計算の研究の大多数はシステム等の最適化を目的としており、そのための進化計算の高度の研究が行われて来た。しかし人間反応からその人の特性を解明したり、人間の機能のモデル化を行ったりするには、これまでの進化計算研究の暗黙条件である多くの個体で多くの世代探索をする方法はユーザ疲労のために採用することができない。また、人間科学のために進化計算技術を用いること自体、これまで行われて来なかった。

そこで、少個体数少世代での探索でも探索が可能な進化計算技術の高度化手法を実現させ、具体的な人間特性解明に利用する方法を示すことで本研究の目的を実現する。

3. 研究の方法

少個体数少世代の条件下での探索性能向上手法として、(a1) 対話型進化計算 (IEC) に利用可能な fitness 景観を単峰性関数で近似し近似空間の最適解は大域的最適解近傍に存在するとして探索候補に加えることで探索を高速化する手法、(a2) 新しい IEC 演算の考案、に取り組んだ。

第2の目的の具体的な人間特性解明に利用する方法として、(b1) 人工内耳フィッティングに IEC を適用し、その得られた特性を解析、(b2) 人間の気づき (awareness) メカニズム構築、に取り組んだ。

4. 研究成果

(a1) IEC に利用可能な fitness 景観の近似による高速化として、3 つの近似法を提案し評価した。

(a1-1) n 次元方程式を解いて n 次元 fitness 景観を 1 つの単峰性関数で近似する代わりに、 n 個の 1 次元 (或は m 次元 ($m < n$)) 単峰性関数で近似することで演算コストを下げ性能低下は少ない方法 [1,7,8,12,15,33],

(a1-2) fitness 景観を周波数分析し、主成分のみを逆フーリエ変換して近似 fitness 景観のピークを推定することで探索を加速する方法および局所最適解の探索への展開 [7,10,11,28,30],

(a1-3) Support Vector Regression による高次元で fitness 景観を単純化して最適解を探索しやすくする方法 [4].

(a2) 以下の新しい IEC 演算を考案することで探索の高速化に取り組んだ。

(a2-1) IDE/gravity と IDE/moving vector 法の提案と両者組合せによる相補効果 [27,29],

(a2-2) 差分進化演算を IEC 用に拡張することで IEC ユーザの負荷増加以上の速さで収束させ、結果として疲労軽減に導く 3 点および 4 点比較ベースの IEC [3,24],

(a2-3) 数世代にわたって変化しない不良個体を切り捨て、最良個体近傍に新規個体を生成することで探索性能を向上させる手法 [20].

(b1) 人工内耳フィッティングに IEC を適用し、その得られた特性を解析した。その結果、これまでの人工内耳フィッティングの常識には合わにも関わらず従来フィッティング法よりも語音明瞭度が向上することが明らかになり、この現象を説明できる新しい聴覚系の知見獲得に取り組始めた [17].

(b2) 人間の気づき (awareness) メカニズム構築方法論として、入力に対する出力を説明できる隠れ説明変数を見つけ出すことを awareness と定義し、この隠れ変数を見つける方法論として、IEC と構造化ニューラルネットワークによる取組を提案した [2].

また、人間要素に関わる応用として、IEC による振動触覚メッセージの設計 [23,31], IEC による視覚に関わる画像処理と配色問題 [9,21,25], ゲームユーザモデルの進化的構築 [26], などにも取り組んだ。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

1. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Accelerating IEC and EC Searches with Elite Obtained by Dimensionality Reduction in Regression Spaces," Journal of Evolutionary Intelligence, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, vol.6, no.1, pp. 27-40 (2013). DOI: 10.1007/s12065-013-0088-9

2. Hideyuki Takagi, "Interactive evolutionary computation for analyzing human aware mechanism," Applied Computational Intelligence and Soft Computing, Vol. 2012, Article ID 694836 (2012).

- DOI: 10.1155/2012/694836
3. 裴岩, 高木英行「3点および4点比較ベースの対話型差分進化と差分進化」進化計算学会論文誌, vol.3, no.3, pp.98-108 (2012).
DOI: 10.11394/tjpnsec.3.98
- [国際会議発表論文] (計 13 件)
4. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Fitness Landscape Approximation by Adaptive Support Vector Regression with Opposition-Based Learning," 2013 IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics (SMC2013), pp.1329-1334, Manchester, UK (Oct. 13-16, 2013).
DOI: 10.1109/SMC.2013.230
 5. Hideyuki Takagi, "Interactive evolutionary computation for analyzing human characteristics," Symposium on Emergent Trends in Artificial Intelligence & Robotics, (SETINAIR2013), Kosice, Slovakia, (Sept. 15-17, 2013).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434435/takagi13b.pdf>
 6. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Triple and Quadruple Comparison-Based Interactive Differential Evolution and Differential Evolution," 12th Workshop on Foundations of Genetic Algorithms XII (FOGAXI), Adelaide, Australia, pp.173-182 (16-20 January, 2013).
DOI: 10.1145/2460239.2460255
 7. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Approximating and Analyzing Fitness Landscape for Evolutionary Search Enhancement," Satellite Workshop on Problem, Landscape Analysis, Automated Algorithm Selection and Adaptation in Optimization at Foundations of Genetic Algorithms (FOGA2013) Workshop XII, Adelaide, Australia (Jan., 16-20, 2013).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434429/takagi12h.pdf>
 8. Yan Pei, Shaoqiu Zheng, Ying Tan, and Hideyuki Takagi, "An empirical study on influence of approximation approaches on enhancing fireworks algorithm," IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2012), Seoul, Korea, pp.1322-1327 (Oct. 14-17, 2012).
DOI: 10.1109/ICSMC.2012.6377916
 9. Jingye Ma and Hideyuki Takagi, "Design of composite image filters using interactive genetic programming," 3rd Int. Conf. on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications, Kaohsiung, Taiwan, pp.274-279 (Sept. 26-28, 2012).
DOI: 10.1109/IBICA.2012.45
 10. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Comparative study on fitness landscape approximation with Fourier transform," 6th Int. Conf. on Genetic and Evolutionary Computing (ICGEC2012), Kitakyushu, Japan, pp.400-403 (Aug. 25-28, 2012).
DOI: 10.1109/ICGEC.2012.74
 11. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Fourier analysis of the fitness landscape for evolutionary search acceleration," IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), pp.1-7, Brisbane, Australia (June 10-15, 2012).
DOI: 10.1109/CEC.2012.6252924
 12. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Comparative Evaluations of Evolutionary Computation with Elite Obtained in Reduced Dimensional Spaces," 3rd Int. Conf. on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS2011), pp.35-40, Fukuoka, Japan (Nov.30 - Dec.2/2011).
DOI: 0.1109/INCoS.2011.66
 13. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "A Novel Traveling Salesman Problem Solution by Accelerated Evolutionary Computation with Approximated Cost Matrix in Industrial Application", 2nd Int. Conf. of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR 2011), Dalian, China, pp.39-44 (Oct. 14-16, 2011).
DOI: 10.1109/SoCPaR.2011.6089092
 14. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "A Survey on Accelerating Evolutionary Computation Approaches", 2nd Int. Conf. of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR 2011), Dalian, China, pp.201-206 (Oct. 14-16, 2011).
DOI: 10.1109/SoCPaR.2011.6089140
 15. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Accelerating Evolutionary Computation with an Elite Obtained in Projected One-Dimensional Spaces", 5th Int. Conf. on Genetic and Evolutionary Computing, Kinmen/Taiwan and Xiamen/China, pp.89-92 (Aug.29-Sept.1, 2011).
DOI: 10.1109/ICGEC.2011.30
 16. Ryohei Funaki and Hideyuki Takagi, "Acceleration Methods with a Gravity Vector and a Moving Vector for both Differential Evolution and Interactive Differential Evolution", 5th Int. Conf. on Genetic and Evolutionary Computing, Kinmen/Taiwan and Xiamen/China, pp.287-290

(Aug.29-Sept.1, 2011).
DOI: 10.1109/ICGEC.2011.71

[国内会議発表論文](計 17 件)

17. 船木亮平, 高木英行, 中川尚志, 永田里恵, 松本希「人工内耳パラメータフィッティングへの対比較ベース対話型差分進化の適用」第 6 回進化計算研究会, 調布, pp.179-181 (2014 年 3 月 6-7 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434438/takagi13f.pdf>
18. 波多晃一, 高木 英行「対話型差分進化ベースの動作姿勢生成支援システム」第 15 回日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会, 下関, pp.103-106 (2013 年 12 月 21 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434437/takagi13e.pdf>
19. Yan Pei and Hideyuki Takagi, "Method for determining search states of Markov Chain practically and its application to predict EC convergence and proof it," 進化計算シンポジウム 2013, 霧島市, pp.124-128 (2013 年 12 月 14-15 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434436/takagi13d.pdf>
20. 高木英行, 裴岩「Exploration から Exploitation への変化を加速する手法の提案」, 第 4 回進化計算研究会, 横須賀市, pp.96-101 (2013 年 3 月 18-19 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434434/takagi12m.pdf>
21. 石津雅司, 高木英行「対話型差分進化を用いた地下鉄路線図の配色最適化に関する研究」第 3 回 SOFT 九州支部学生会部会研究発表会, 福岡, pp.5-6 (2013 年 3 月 2 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434433/takagi12l.pdf>
22. 裴岩, 高木英行「適応度景観の近似と解析による進化計算の探索能力の向上」第 14 回日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会, 佐賀, pp.21-24 (2012 年 12 月 8 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434431/takagi12j.pdf>
23. Anak Agung Gede Dharma, Hideyuki Takagi, Kiyoshi Tomimatsu, "Interactive neural network - Differential evolution framework for haptic feedback retrieval system," 進化計算シンポジウム 2012, 軽井沢, pp.292-297 (2012 年 12 月 15-16 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434432/takagi12k.pdf>
24. 裴岩, 高木英行「3 点および 4 点比較ベースの対話型差分進化と差分進化」第 3 回進化計算学会進化計算学会研究会, 東広島, pp.74-84 (2012 年 9 月 3-4 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434430/takagi12i.pdf>
25. 馬菁野, 高木英行「対話型遺伝的プログラミングによる複合画像処理フィルタの設計」第 2 回進化計算学会研究会第 8 回進化計算フロンティア研究会合同研究会, 豊中, pp.106-111 (2012 年 3 月 9-10 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434425/takagi11k.pdf>
26. Sonny Alves Dias, 猪口裕香, 高木英行「Star Trek ゲームプレーヤ意思決定モデルの進化」第 2 回進化計算学会研究会第 8 回進化計算フロンティア研究会合同研究会, 豊中, pp.112-117 (2012 年 3 月 9-10 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434426/takagi11l.pdf>
27. 船木亮平, 高木英行「IDE/gravity と IDE/moving vector の相補効果」第 2 回進化計算学会研究会第 8 回進化計算フロンティア研究会合同研究会, 豊中, pp.161-166 (2012 年 3 月 9-10 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434427/takagi11m.pdf>
28. 裴岩, 高木英行「多峰性最適化のためのフーリエ・ニッチ法」第 2 回進化計算学会研究会第 8 回進化計算フロンティア研究会合同研究会, 豊中, pp.189-195 (2012 年 3 月 9-10 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434428/takagi11n.pdf>
29. 船木亮平, 高木英行「対話型差分進化高速化手法 DE/gravity の大局的最適解位置と収束特性との関係解析」進化計算シンポジウム 2011, 岩沼, pp.103-110 (2011 年 12 月 17-18 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434422/takagi11h.pdf>
30. 裴岩, 高木英行「適応度景観のフーリエ解析による進化的探索高速化の試み」進化計算シンポジウム 2011, 岩沼, pp.167-173 (2011 年 12 月 17-18 日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434423/takagi11i.pdf>

11i.pdf

31. Anak Agung Gede Dharma, 高木英行, 富松 潔, 「対比較ベース対話型差分進化を用いた振動触覚メッセージの感性表現デザイン」進化計算シンポジウム 2011, 岩沼, pp.247-252 (2011年12月17-18日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434424/takagi11j.pdf>
32. 高木英行「対話型進化計算の高速化の取組と人間科学への応用」電子情報通信学会技術研究報告 NC2011-5, vol.111, no.241, 福岡, pp.47-52 (2011年10月19-20日)
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434421/takagi11g.pdf>
33. 裴岩, 高木英行「次元削減によって得られたエリートを用いた進化計算の高速化」第1回進化計算研究会・第7回進化計算フロンティア研究会合同研究会, 東京, pp.25-31 (2011年9月9-10日).
<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac/repository/100000/handle/2324/1434420/takagi11f.pdf>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
高木 英行 (TAKAGI, Hideyuki)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号: 50274543
- (2) 研究協力者
裴 岩 (PEI, Yan)
九州大学・大学院芸術工学府・博士後期課程生 (平成26年3月学位取得)