

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：51401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350032

研究課題名(和文) 定性的目的を含む多目的最適化環境設計の計算知能的アプローチ

研究課題名(英文) Computational Intelligence Approach for Environmental Design based on Multi-objective Optimization Including Qualitative Factors

研究代表者

井上 誠 (Inoue, Makoto)

秋田工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：20634223

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：1. 環境設計の4目的と設計者の定性的目的を対話型進化的計算(IEC)の1目的とした世代毎の組合せ進化的多目的最適化(EMO)実験を行い、設計支援システムでのEMOとIECの組合せ効果を確認した。2. 空間生成アルゴリズムの改良を計4方法で改善を試みた。3. 空間生成アルゴリズムの過程において、各フロアの目標面積に比例した選択確率で成長させる方法を実験的に評価した。4. 設計の各目的に対する設計者やユーザの受け入れられる定性的な度合いを受容度とし、多数目的最適化に導入した。

研究成果の概要(英文)：1. We experimented on evolutionary multi-objective optimization, EMO combinations four objectives for environmental design and a designer's qualitative objective for interactive evolutionary computation. We confirmed some effectiveness of combinations EMO and IEC for a design support system. 2. We attempted to improve of space generating algorithm with four ways. 3. We evaluated a way that grow each floor in proportion to its target floor area in the space generating algorithm process. 4. We defined an acceptability concept as a qualitative degree how designers or users can accept for design objectives. We introduced the acceptability concept to many-objective problems.

研究分野：デザイン学

キーワード：ソフトコンピューティング 環境デザイン 設計支援 感性情報学 進化的多目的最適化 対話型進化的計算 空間生成アルゴリズム

1. 研究開始当初の背景

(本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ) 建築等の環境デザインをコンピュータで支援する研究は国内・国外で幾つかの類似のものが見られる[Gero et al. Artificial Intelligence in Engineering 1997 等]が、一般的に利用されるフロア形状として矩形及び矩形の角が取れた形状が計画範囲に隙間なく計画できるものは無かった。また、多目的に最適化されるものもない。対話型によって建築家の意図を反映させるものはひとつのみ確認できていた[Serag et al. Artificial Life and Robotics 2008]。

(応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯) 応募者はこれまで博士学位研究で、建築の間取り計画をタスクとして5, 8 目的の進化的多目的最適化(EMO)に関する研究を行った。実用的なフロア形状で計画範囲を隙間なく埋めるために空間の核となる点に種を蒔き、隣接空間へ成長させる仕組みを提案していた[図1]。

また、建築計画を支援するシステムに EMO や対話型進化的計算(IEC)を組み入れていた[図2]。一方で、多数目的ではパレート・ランキングの厳格さが個体間の優劣判定が困難にしている原因の一つだと考え、その解決法として少数目的組合せを発想し発表した。その後、提案手法を建築間取り計画のEMOに応用した研究、8 目的0/1 ナップザック問題に対して多目的遺伝的アルゴリズム(MOGA)へ少数目的組合せ手法を組み入れた研究を行っていた。建築などの工学的応用分野では最適化すべき目的が多数に及ぶことがほとんどであり、応募者の研究においても多数目的問題を克服することが大きな課題であった。

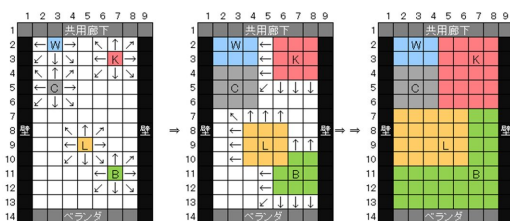


図1 フロアの成長プロセス例

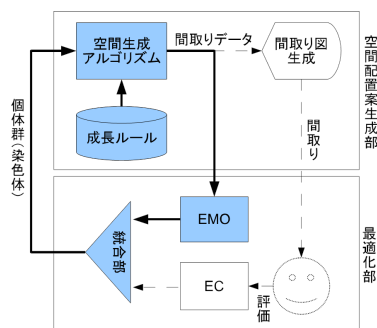


図2 空間計画支援システム構成概念

2. 研究の目的

定性的要素が含まれる多目的を最適化する必要がある建築などの環境デザインの計算知能的アプローチによる設計支援を研究する。その考慮すべき目的は多岐にわたるため、最適化が困難である。目的の中に定性的要素も含まれるためコンピュータだけでは判定できない。このような対象に設計家・非設計家を問わず利用できる設計支援を目的とする。

計算知能手法には、実用的な形状の空間(フロア)が作成できる独自の空間生成アルゴリズム、多目的について最適化できるEMO、そして設計家の知識や好み等の定性的目的をIECやファジィIF-THENルールなどがある。設計支援のための各手法の性質や可能性を研究すると共に、統合した際の挙動と設計支援の有用性を研究する。

3. 研究の方法

環境デザイン支援の空間生成アルゴリズムを調整し新たな成長ルール策定することで計画範囲形状を拡張する。提案アルゴリズムの素性検討のために数学的検討及びPCによる計算などのアプローチを試みる。

多数目的問題に対するEMOへの研究を進めるため提案手法を幾つかのEMOアルゴリズムに導入しPC計算実験を行うことでその特性を明らかにする。評価にはEMOで用いられる解の収束性と多様性に関する指標を用いる。対話型システムの研究では多数目的に対する有用性や対話型EMOシステムとするための組合せ方法の検討のために、被験者あるいは擬似人間による実験によって提案手法の特性を調べる。

4. 研究成果

定性的要素が含まれる環境デザインの建築計画支援システムにおけるIECとEMOとの組合せ効果を確認するための実験と考察を行った。予め設定した建築計画のための4目的とIECの1目的をEMOで使用するかどうかの世代毎の組合せを13通り設定した。また、安定した繰返し実験のためにIECでは擬似ユーザを用いた。擬似ユーザは3通りとし合計39通りの実験を行った。その結果を考察し有効性の有無を確認した[表1]。

計算知能手法により実用的な形状の空間が作成できる空間生成アルゴリズムの3つの方法で改善する試みを実験した。(1)成長開始点の指定,(2)廊下の成長方向の制限,(3)部屋の成長制限の緩和であり、そして、3つの改善案を全て含んだ改善案(1)+(2)+(3)も実験した。4目的の世代毎のフィットネス値を実験により求め、従来方法と各改善案との有意差の有無を検証し、幾つかの傾向を把握した。

表 1 擬似人間 組合せ(f) 符号検定
 ++: $p < 0.01$, +: $p < 0.05$

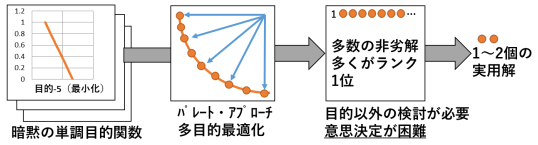
III (f) vs	generations	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
(a)	Objective 1		+			+	+	+	+		
	Objective 2				++						+
	Objective 3										
	Objective 4				++						
	Objective 5					+					
(b)	Objective 1		+								+
	Objective 2		++	++	++	++	++	++	++	++	++
	Objective 3		++	+	++	++	++	++	++	++	++
	Objective 4		++	++	++	++	++	++	++	++	++
	Objective 5										
(c)	Objective 1		++	++	+	++	++	++	++	++	++
	Objective 2				+	+					+
	Objective 3				+						
	Objective 4				+	+					+
	Objective 5										++
(h)	Objective 1		++	++							
	Objective 2				+						
	Objective 3										
	Objective 4										
	Objective 5				++						

空間生成アルゴリズムの生成過程の手法として、各フロア目標面積に比例した選択確率で成長させる方法を実験的に評価し、検討を行った。従来法の成長は一定のフロア順に行っており、その順序がフロアプランに与える影響を和らげることを狙った。結果は期待された程ではなかった。遺伝子型である染色体から確率的に表現型であるフロアプランが作られることが要因ではないかと推測している。

定性的目的を持つ設計問題として香りの最適化に関する対話型進化的計算の共同研究を行った。

タスクの各目的に対する設計者やユーザの受け入れられる度合いを受容度とし、多数目的問題の最適化に関する研究を開始した。ユーザの定性的目的である経験や嗜好等とタスクの持つ定量的な多数目的の間を、受容度という概念で橋渡しする。目的が多数の実問題タスクは一般に最適化が困難であるとされているが、受容度を用いることで有効な進化的多目的最適化や個体の評価・ランキングが可能になることを研究の目的としている。従来の設計プロセスは、最適化の後に製品化する個体を検討する等の意思決定が行われる[図3-上]が、最適化以前の受容度設定段階でユーザ等の意思をその関数に反映させる[図3-下]。(1)受容度を賃貸住宅の多数項目に関してランキングし、ユーザの求める物件を検索することをタスクとして評価実験を行った。7つ前後の項目に対するユーザの受容度関数を用いて物件群に対して順位、優劣のあるランキングが可能であることを確認した[図4]。(2)5目的の静粛超音速研究機の非劣解75個体群に対して受容度を用いてランキングを行った。設計者が選好した一つの解を基に受容度関数の作成を試みた。各目的値に対する受容度値を統合して個体の評価値とするいくつかの方法や重み付けなどを実験した。それぞれの方法の受容度と従来法の単調関数との比較を行った[図5]。現在これらの結果をまとめ、学会誌への投稿作業を行っている。

従来の多目的最適化と意思決定過程



提案の受容度による多数目的デザイン過程

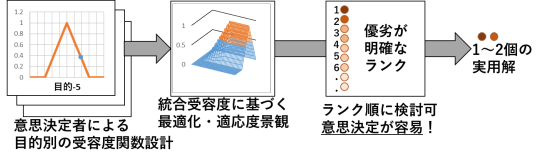


図3 従来法と受容度による意思決定過程

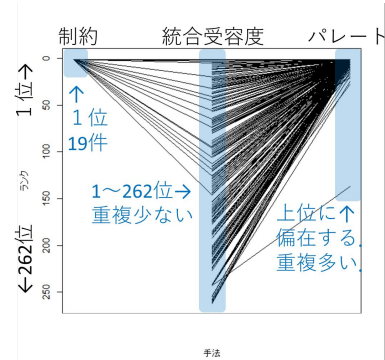


図4 各手法のランキング結果

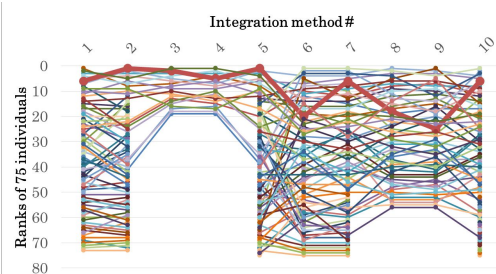


図5 統合法・重み・関数組合せのランク
 赤太線は選好解 ID56

環境設計の研究として、建築計画に関する研究と建築設計も行った。建築計画は教育機関附属図書館の改修計画を情報システムと教育方法とを関連付けて実現性を検討した。建築設計は、戸建住宅での問題の解決と課題の克服のために、伝統的空間を現代生活に積極的に取入れ、都市と個人住宅の空間的な繋がりと分離の調整を試みた。また、まちづくりの観点を持つ建築・ランドスケープの現実問題である文化施設の環境設計を行った。今回の計画設計においては計算知能的アプローチを用いていないが多数の目的及び項目を考慮したものになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Makoto Fukumoto, Shimpei Koga, Makoto Inoue and Jun-ichi Imai, Interactive Differential Evolution Using Time

Information Required for User's Selection: In A Case of Optimizing Fragrance Composition, 2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 査読有, 2015, 2192-2198.
DOI: 10.1109/CEC.2015.7257155

井上誠, 平元萌, 空間成長による間取り生成アルゴリズムの改善の検討 成長開始点, 廊下成長方向, 成長ルールの緩和について, 日本建築学会第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読有, 2014, 61-66.
<http://news-sv.aij.or.jp/jyoho/s1/proceedings/2014/pdf/R13.pdf>

Makoto Inoue, Megumu Hiramoto, Muneyuki Unehara, Koichi Yamada and Hideyuki Takagi, Evaluation of Hybrid Optimization With EMO and IEC for Architectural Floor Planning, Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2014), 査読有, 2014, 54-61.
DOI: 10.1109/SCIS-ISIS.2014.7044784

〔学会発表〕(計 14 件)

井上誠, キャンパスマスタープランのためのアウトライン・マトリクスの提案, 2018 年度日本建築学会大会(東北) 学術講演会, 2018.

井上誠, 高木英行, 賃貸住宅多数目的探索のための受容度, 2017 年度日本建築学会大会(中国) 学術講演会, 2017.

大場康太, 井上誠, 秋田を創る新たな文化施設, 2017 年度日本建築学会大会(中国) 建築デザイン発表会, 2017.

井上誠, 裴岩, 高木英行, 多数目的最適化を目指した設計受容度 静粛超音速研究機をタスクとして, 第 12 回進化計算学会研究会, 2017.

井上誠, 高橋瑞稀, 裴岩, 高木英行, 賃貸物件の多数属性に対するユーザの受容程度の関数を導入した住まい探し, IDR ユーザフォーラム 2016, 2016.

井上誠, 高橋瑞稀, 裴岩, 高木英行, 受容度に基づく多数目的探索のお部屋探し, 第 11 回進化計算学会研究会, 2016.

藤田怜, 井上誠, 高専図書館のアカデミック・リンク化及び情報化の検討, 2015 年度第 86 回日本建築学会関東支部研究発表会, 2016.

井上誠, 高木英行, 進化的フロアプラン生成における選択確率の検討, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015 (SSI2015), 2015.

福本誠, 井上誠, 今井順一, 対話型差分進化における対比較時間を利用した探索の効率化 - 香りの最適解探索において -, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015 (SSI2015), 2015.

高木英行, 井上誠, 裴岩, 多目的最適化への受容度概念の導入, 第 9 回進化計算学会研究会, 2015.

井上誠, まつり通りに面する家: 伝統的空間を通じて都市から個室へ, 2015 年度日本建築学会大会(関東), 2015.

福本誠, 井上誠, 今井順一, 対話型進化計算による香り最適化手法に関する検討, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2014 (SSI2014), 2014.

井上誠, 平元萌, 空間成長による間取り生成アルゴリズムの成長開始点の検討, 2014 年度日本建築学会大会(近畿) 学術講演会梗概集・情報システム技術, 2014.

井上誠, 平元萌, 畦原宗之, 山田耕一, 高木英行, 擬似人間を用いた対話型進化的計算と進化的多目的最適化の組合せ検討 建築間取りをタスクとした評価実験, 日本知能情報ファジィ学会第 30 回ファジィシステムシンポジウム, 2014.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://inoue.s201.xrea.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 誠 (INOUE, Makoto)

秋田工業高等専門学校・創造システム工学科
土木・建築系・教授

研究者番号: 20634223

(2) 研究分担者

(3)連携研究者

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： 5 0 2 7 4 5 4 3

裴 岩 (PEI, Yan)

会津大学・コンピュータ理工学部・准教授
研究者番号： 3 0 7 3 6 0 0 4

(4)研究協力者