

受容度に基づく多数目的探索のお部屋探し

井上, 誠
秋田工業高等専門学校環境都市工学科

高橋, 瑞稀
秋田工業高等専門学校環境都市工学科

裴, 岩
会津大学

高木, 英行
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/1831120>

出版情報 : 進化計算シンポジウム. 2016, pp.183-199, 2016-09-14. 進化計算学会
バージョン :
権利関係 :

受容度に基づく多数目的探索のお部屋探し

井上誠[†], 高橋瑞稀[†], 裴岩^{††}, 高木英行[‡]

秋田工業高等専門学校環境都市工学科[†], 会津大学コンピュータ理工学部^{††}, 九州大学大学院芸術工学研究院[‡]

1 はじめに

本研究の背景は、進化的多目的最適化 (EMO) アルゴリズム研究が実用解をいかに見つけるかというよりも、いかに多数の多様なパレート解を探すかという傾向にある。この二つは、目的数が多くなると悪くなるのが指摘されており、多数目的問題と呼ばれている。工学や設計の現実問題においては、必要な解は最終的に一つ、あるいは少数であるために、解を選ぶ必要、つまり意思決定する必要がある。また、エンジニアや設計家が望ましいと考える解の領域が存在する場合もある。

研究の動機の一つは、現実世界では多目的問題は様々存在していることである。最適化だけでなく選択問題もそれにあたる。例えば、ホテルや賃貸住宅の選択も多目的な事項を評価する選択問題である。

我々の研究の現状は、ユーザの各目的の値に対する受容できる度合い、あるいは望ましい度合いを受容度として評価指標として用いる方法を提案している[13]。

現実問題での課題は目的数が多数に及んでいることである。また、エンジニア、設計家、ユーザ、選択者によって考え方が様々に異なる。賃貸住宅の選択は進化的計算 (EC) における最適化とは異なるが、ECでの評価及び選択と共通の過程である。最終的には1つの個体、賃貸住宅を選ぶことになるが、幾つかの個体をランキングすることが必要である。

研究の目的は、目的数が比較的多い賃貸住宅の選択問題に受容度が有効かどうか、その場合の受容度

の素性はいかなるものか、を調べることである。解の多様性と収束の両方の改善を目指すものではない。ECの世代がある程度進んだEMOで生じる、多くの個体のランキングが同じになる現象が、本手法では生じにくいと予想される。統合された受容度での評価値は整数ではなく実数になるためである。提案手法は多数目的問題に対しても有効な手法であると期待される。実問題では最終的には1つ、あるいは少数の個体を選択する意思決定に提案手法が有効か否かを調べることも本研究の目的である。

研究のアプローチ (方法) は、賃貸住宅の選択のために、ユーザの考える項目 (目的) に関して、物件の評価、ランキング実験を行う。被験者に対して、提案手法以外の既存手法との比較を行い、提案手法の有用性と性質を考察する。

2 関連研究

2.1 先行研究

これまでのEMOはパレート・アプローチによるもの[5]が一般的であり、NSGA-II [1]などがその代表である。最近では、探索ベクトルを分配したMOEA/D [16], reference lineを用いたNSGA-III [4]などが提案されている。探索ベクトルやreference lineを用いることで解の探索方向を限定できるとされている。これらの方法を利用し、ユーザの嗜好方向を探索するEMO手法として、reference point based NSGA-II [2], interactive MOEA/D [6]等が提案されている。reference lineによるユーザ嗜好方向の探索の研究[9], reference direction手法による意思決定の対話型EMO研究[3,10]もなされている。

提案の受容度は、Keeneyらの効用関数 (utility function) [7,8,12]と類似している。しかし従来の効用関数は、例えば「安い方が良い」、「広い方が良い」という目的の評価が単調増加、あるいは減少であることを前提に、指数を用いた関数型にフィッティングさせるという方法を用いている。それに対し、受容度は「安過ぎる場合のリスク」「広過ぎる場合の非現実性」などの意思決定者の先験的知見をも導入

Acceptability-based Many-objective Search for Selecting Rental Apartments

[†] Makoto Inoue (<http://inoue.s201.xrea.com/>)

[†] Mizuki Takahashi

^{††} Yan Pei (peiyang [at] u-aizu.ac.jp)

[‡] Hideyuki Takagi (<http://www.design.kyushu-u.ac.jp/~takagi/>)

Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Akita College ([†])
School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu (^{††})
Faculty of Design, Kyushu University ([‡])

して受容度関数を設計することで目的空間上の探索する領域を限定できる点が効用関数とは異なる。これにより、有力候補をより実用的、かつ早く探索することができる。

不動産物件データベースの先行研究では、複数の検索条件項目を自己組織化マップ化することで再検索を視覚的に行う手法の提案[11]がある。ウェブ上の情報では、データサイエンス手法で、希望の居住エリアの物件情報から相場を分析し、割安物件を探す方法[14,15]を提案しているものがある。

2.2 これまでの我々の研究

既に受容度概念[13]の提案をしている。受容度とは、問題の各目的に対するユーザの好み、経験や技能を基にした受け入れられる度合い、望ましいと思われる度合いとしている。各目的の値に対して受容度曲線を描き、関数化する。

ここで、受容度は単純な増加、または減少関数ではない。範囲を定めることもでき、山、谷のような形状の、ファジィ制御におけるメンバシップ関数のように描ける点の特徴であり、従来方法とは異なる。さらにそれを加算、積算、その他の演算で統合することで、多目的が単目的化されることで評価やランキングが容易になる。それを統合受容度と呼んでいる。なお、受容度関数はメンバシップ関数のように[0,1]に制約されるものではない。統合の際には各受容度は重み付けすることもできる。これらは効用関数と同様[8,12]である。

我々のこれまでの受容度研究はトイ・タスクに対しての実験・検証までを行っている[13]。

3 実験

3.1 実験の目的

多数目的実問題である賃貸住宅のお部屋探しに対して、受容度を用いると、速く、容易に探索、評価、最適化ができることを示すことが実験の目的である。提案手法と従来手法であるパレート・ランキングとの比較を示す。

3.2 実験の設定

株式会社ネクストが国立情報学研究所の協力により研究目的で提供しているHOME'Sデータセットを使用する。不動産・住宅情報サイトHOME'Sに掲載された2015年9月時点のスナップショットで、賃貸物件数は全国約533万件分ある。賃貸物件情報は賃料、面積、立地、築年数、間取り、建物構造など、71項目のデータフォーマットである。

秋田県秋田市飯島文京町の秋田工業高等専門学校を勤務先とする教職員や通学先とする学生を被験者とした。今回の実験では、教員1名、専攻科生2名、本科生1名の計4名に対して実験を行った。設定の勤務及び通学先の最寄り駅はJR土崎駅である。この駅を最寄り駅とする物件はHOME'Sデータに796件ある。

以下は、被験者A（教員）についての実験設定等である。この被験者は、物件IDを除く70項目の賃貸物件情報データから評価する項目を次の7つとし、Table 1に示す。

なお、被験者Aは、実験前までに実際に自ら賃貸住宅の選択し、居住した物件数が6件である先験的知見を持っている。

Table 1 : 被験者Aの評価項目

被験者Aの評価項目No.	項目名	備考
-	物件ID	全体でユニークな値
1	徒歩距離1	駅等からの距離 (単位 : m)
2	建物構造	3:鉄骨造 4:RC 10:軽量鉄骨 他
3	築年月	建築年月 yyyyymm
4	部屋階数	部屋の所在階数
5	間取部屋数	部屋の数
6	間取部屋種類	20:K 30:DK 50:LDK 他
7	賃料	単位 : 円

Fig.1-7は被験者Aが考える各目的に対する各受容度である。0以上1以下の値とし、最も受容できない、望ましくない場合は0、最も受容できる、望ましい場合は1とする。

実問題においては、その目的外の事象に影響されることがある。例えば、最寄り駅への「徒歩距離」は近ければ近いほど良いということではなく、駅に近い方が利便性は良いが、騒音面では好ましくないとする考えもある。「賃料」は安いほど良いというものではなく、安すぎる物件に対する不安や住居手当有無などで考え方は様々存在する。そのため、目的は最大化問題、あるいは最小化問題とならない場合もある。

徒歩距離1, Fig.1は駅と勤務先の距離 (m) である。駅と勤務先はおよそ2,000m離れており、賃貸住宅は両方に近すぎない、中間的な位置を被験者Aは望んでいる。なお、HOME'Sデータセットでは物件の位置は特定できない。

建物構造, Fig.2については、被験者Aの経験と好みによってRC造、軽量鉄骨造の受容度が高く設定されている。その次に鉄骨造を望み、それら以外の建物構造は選択しない。

築年数, Fig.3については, 築8年以下を望むため受容度は1, 築17年以上は受容しないため受容度は0とし, その間の受容度は築年月に応じる.

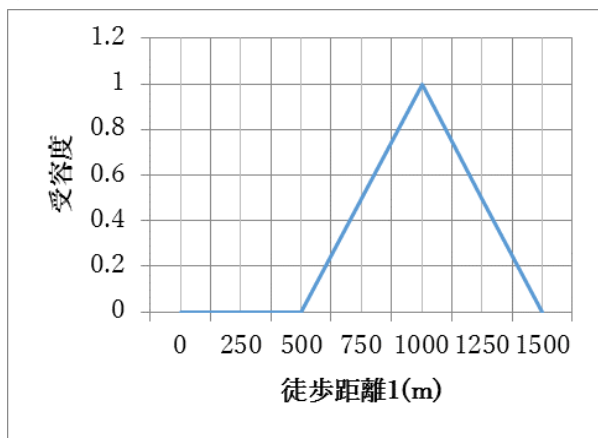


Fig.1 徒歩距離1に対する被験者Aの受容度

いるため, 間取部屋数は1か2のみを受容度1とし, その他は0としている.

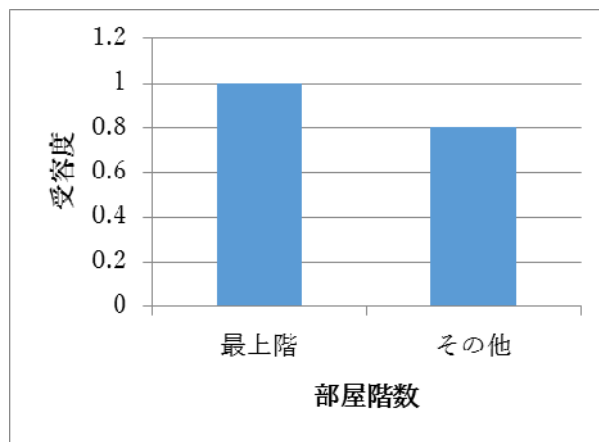


Fig.4 部屋階数に対する被験者Aの受容度

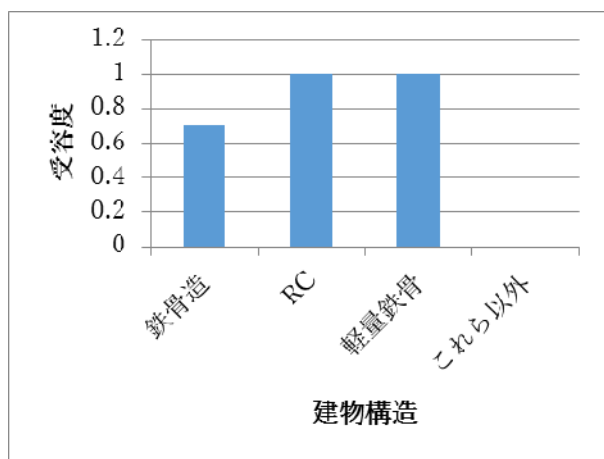


Fig.2 建物構造に対する被験者Aの受容度

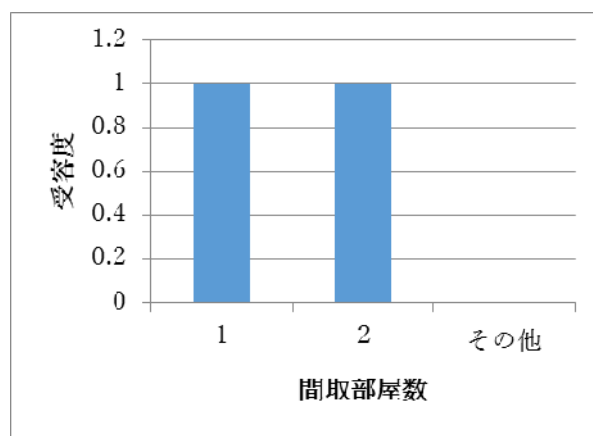


Fig.5 間取部屋数に対する被験者Aの受容度

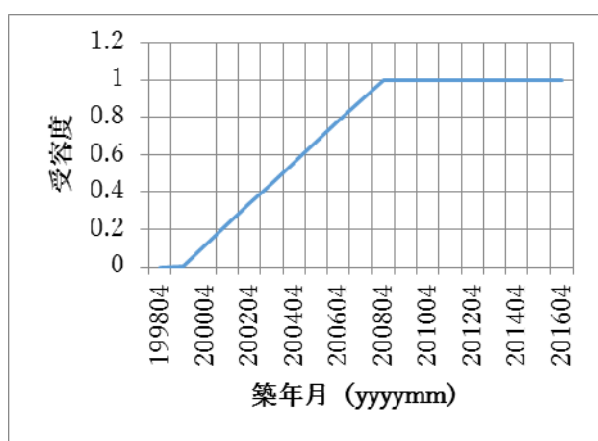


Fig.3 築年月に対する被験者Aの受容度

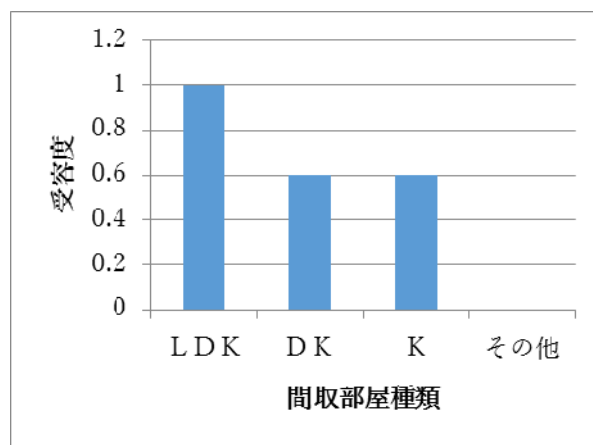


Fig.6 間取部屋種類に対する被験者Aの受容度

部屋階数, Fig.4について, 希望する最上階の受容度は1とし, それ以外でも比較的受容されるので受容度は0.8としている.

間取部屋数, Fig.5については次の「間取部屋種類」と関係しており, 1LDKか2DKあるいは2Kを希望して

間取部屋種類, Fig.6については, リビングダイニングキッチン (LDK) を最も望むため受容度1, 次にダイニングキッチン (DK), キッチン (K) は受容度0.6, その他は受容度0としている.

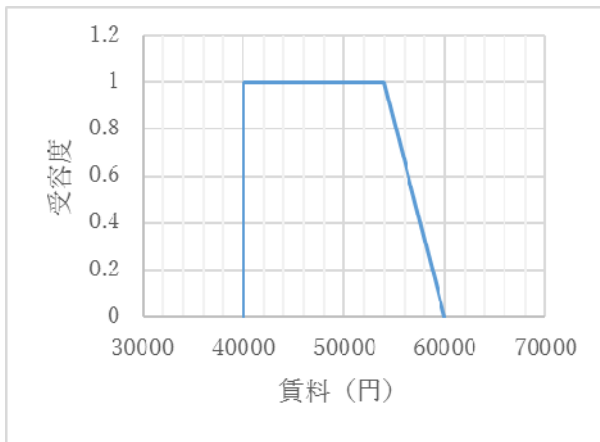


Fig.7 賃料に対する被験者Aの受容度

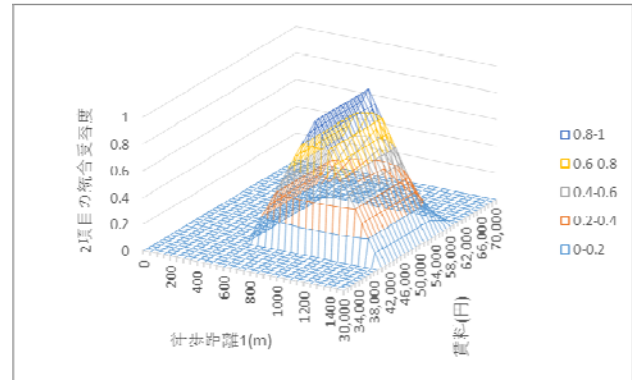


Fig.10 賃料と徒歩距離1統合受容度景観

賃料, Fig.7について, 被験者Aは賃料を月に4万円から5万4千円払うことを受容度1としている. 5万4千円から6万円の間を受容度1から0の減少直線としている. 一般的に賃料等は安い方が良いとするが, 被験者Aは賃料の安いものは住宅の質か何かが悪いのではないかと考えるために一定の賃料は払いたいと考えている.

各項目に関する受容度を全て乗算することで統合し, 統合受容度とする. 今回は乗算したが, 加算による統合も, また重み付けした上での統合もできる. この統合の方法は, 多属性効用関数 (multi-attribute utility function) [8,12]における, 乗法形効用関数と加法形効用関数と類似する.

7項目の中の連続値である徒歩距離1, 築年月, 賃料の3項目の2項目毎の統合受容度景観をFig.8-10に示す. 最終的な統合受容度景観は7項目の7次元空間の景観となる.

統合受容度の大きい順にランクを上位とする. ランキングは, 例えば, 表計算アプリケーションなどでも容易に計算でき, ソートによって求めることができる.

3.3 実験結果

被験者Aの7評価項目に対して値が存在する賃貸物件は, 土崎駅周辺の796件中の786件であった. さらにこの786件中, 統合受容度が0でない物件は67件であった. この67件の中には, 提案手法の受容度を用いても同じランキングとなる物件がある. それは, HOME'Sデータセットには, 同じ建物の異なる賃貸物件が存在し, 全ての項目の値が等しい物件も存在するからである. 7項目が等しい物件を除くと, 提案手法では19件の賃貸物件がランキングされる, **Table 2**.

19件中, 統合受容度ランキングが同じになったものは2ケースある. ランク5とランク7はそれぞれ2件ずつある.

パレート・ランク[5]を**Table 2**の最も右の列に示す. パレート・ランクは, 19件中, 1位は8件, 2位は4件,

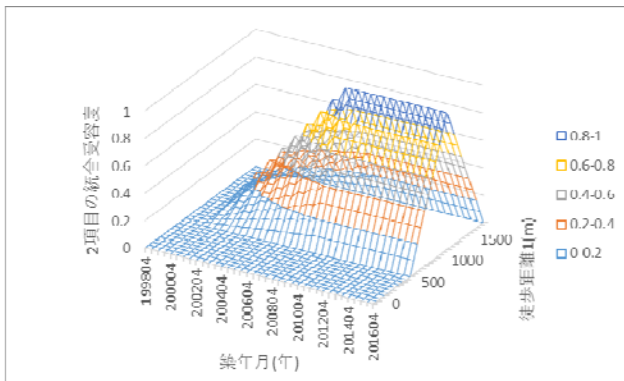


Fig.8 徒歩距離1と築年月の統合受容度景観

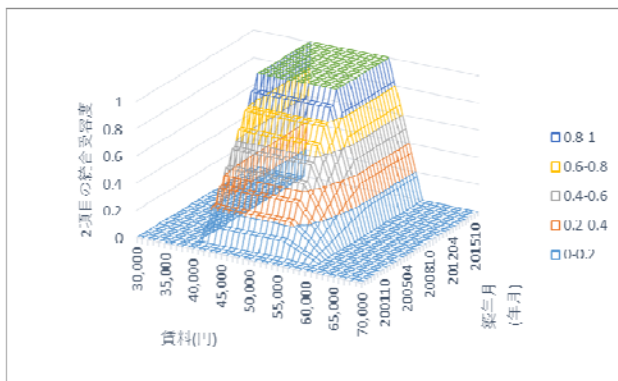


Fig.9 築年月と賃料の統合受容度景観

5位は3件である。なお、パレート・ランクの算出には、徒歩距離1は距離の最小化問題、建物構造はその受容度の最大化問題、築年月は年月の最大化問題、部屋階数はその受容度の最大化問題、間取部屋数はその受容度の最大化問題、間取部屋種類はその受容度の最大化問題、賃料は賃料（円）の最小化問題と

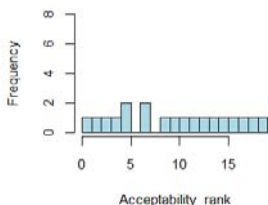
している。パレート・ランクで受容度を用いたのは、それらの項目が離散値であり、被験者Aが最大化問題、あるいは最小化問題とできないと判断したためである。

Table 2 : 被験者Aの受容度ランク及びパレート・ランキン

ランクのセルの色は、赤色が1位，黄色が19位，その間のグラデーションでランク順位を表す。

物件ID	徒歩距離1	建物構造	築年月	建物階数	部屋階数	間取部屋数	間取部屋種類	賃料/価格	受容度ランク	パレート・ランク
	受容度	受容度	受容度	(地上)	受容度	受容度	受容度	受容度	統合受容度	
c2357344f5b5502bbdd91ed8b8946edd	960	10	201503	2	1	1	50	56000	1	1
	0.920	1.00	1.0000		0.80	1.00	1.00	0.6667	0.4906667	
8975b2517b63602efd95600c9bd3c6b1	960	10	201503	2	2	1	50	58000	2	1
	0.920	1.00	1.0000		1.00	1.00	1.00	0.3333	0.3066667	
a7805a529e6abd3f024c3203e4357320	880	10	200405	2	2	1	20	43500	3	1
	0.760	1.00	0.5573		1.00	1.00	0.60	1.0000	0.2541224	
fa2a7c3074535c6d81857c528b57c65b	880	10	201503	2	2	1	50	58000	4	1
	0.760	1.00	1.0000		1.00	1.00	1.00	0.3333	0.2533333	
075fa18355dff2531b4062b4509ad169	880	10	200405	2	1	1	20	42500	5	2
	0.760	1.00	0.5573		0.80	1.00	0.60	1.0000	0.2032979	
0b4e65deb5411c724146f5d7bc359ef	880	10	200405	2	1	1	20	41500	5	1
	0.760	1.00	0.5573		0.80	1.00	0.60	1.0000	0.2032979	
2506f780ffb03916e27bdab08e79d740	1040	10	200312	2	1	2	30	52000	7	5
	0.920	1.00	0.4538		0.80	1.00	0.60	1.0000	0.2004147	
4ade9a70dbbe23c36504d4d9443045d0	1040	10	200312	2	1	2	30	50000	7	5
	0.920	1.00	0.4538		0.80	1.00	0.60	1.0000	0.2004147	
07f855ec5be6cfbc1a4b950fdcd3b43f	880	10	200412	2	1	2	30	55000	9	4
	0.760	1.00	0.5651		0.80	1.00	0.60	0.8333	0.1717820	
71d8f113eec19bc70aea1e9694dae8b9	720	10	200509	2	1	1	50	57000	10	2
	0.440	1.00	0.6730		0.80	1.00	1.00	0.5000	0.1184427	
0d7ce478561e984593ed135f28e27511	800	10	200509	2	1	2	30	57000	11	3
	0.600	1.00	0.6730		0.80	1.00	0.60	0.5000	0.0969077	
09f60d2e770ec3a594a23c6990275665	560	10	200703	2	1	1	50	50000	12	1
	0.120	1.00	0.8888		0.80	1.00	1.00	1.0000	0.0853215	
3cdebea4b2274a28b4187797424b8f64	720	10	200103	2	2	2	50	57000	13	1
	0.440	1.00	0.2214		1.00	1.00	1.00	0.5000	0.0486986	
17db816b5538ce1ce77e1c7209f0dbed	1200	10	200001	2	1	2	50	57000	14	5
	0.600	1.00	0.1079		0.80	1.00	1.00	0.5000	0.0258954	
03c54a4ba6f9fb28cb17e5eb1f4dfab5	560	10	200306	2	1	1	20	43000	15	1
	0.120	1.00	0.4472		0.80	1.00	0.60	1.0000	0.0257566	
03f66d5cd25837afd030593e8545b4f	1440	10	200012	2	2	1	20	44000	16	2
	0.120	1.00	0.1201		1.00	1.00	0.60	1.0000	0.0086496	
03fb969ede5f490b831a0160e2e25882	1440	10	200012	2	1	1	20	42000	17	2
	0.120	1.00	0.1201		0.80	1.00	0.60	1.0000	0.0069197	
87cd99307bcf5f38ee1116e0df50fc1f	1440	3	200208	2	1	2	30	58000	18	14
	0.120	0.70	0.3382		0.80	1.00	0.60	0.3333	0.0045448	
1a12850e7952802ea45d5dd1c9aace65	1440	3	200508	2	1	2	30	59000	19	7
	0.120	0.70	0.6719		0.80	1.00	0.60	0.1667	0.0045149	

Histogram of Acceptability_rank



Histogram of Pareto_rank

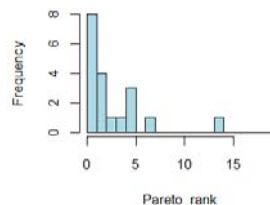


Fig.11 ランク件数のヒストグラム
左図は受容度，右図はパレートによる。

3.4 評価

被験者Aは、受容度関数導入で得られた今回のランク上位の物件は確かに求める物件と合致するとの認識を持っている。

提案の受容度とパレートを比較評価する。まず、786物件から統合受容度が0である物件を除くと67件に絞ることができた。目的空間を広く探索するパレート・ランキンと比較すると、受容度はユーザの好みや経験値によって探索空間を限定することができる。

次にランキンについて、受容度ランクでは、ランク5と7を除いて、ランク1から19までが1件ずつで

ある。一方、パレート・ランクのランク1は8件、ランク2が4件ある、Table 2.

今回のタスクは目的が7項目あるため、多数目的問題と言える。この時、パレート・ランキングでは同じランク、例えばランク1が多くなる傾向がある。一方、統合受容度は実数となるため、受容度ランクは同じランクとなることが少ない。実験結果をランク件数のヒストグラムとしてFig.11に示すが、受容度ランクではランク件数がほぼ一様になったのと比べ、

パレート・ランクではランク1とランク2に偏っていることが分かる。

パレート・ランクは混雑度などの別の概念を導入しない限り整数値であり優劣の区別ができない多数の同ランク個体が生じる。これが多数目的最適化のネックになっている。しかし、統合受容度は実数であるため、個体間の優劣区別が容易であり、これが多数目的最適化の実用解を見つけることができる提案手法の特長である。

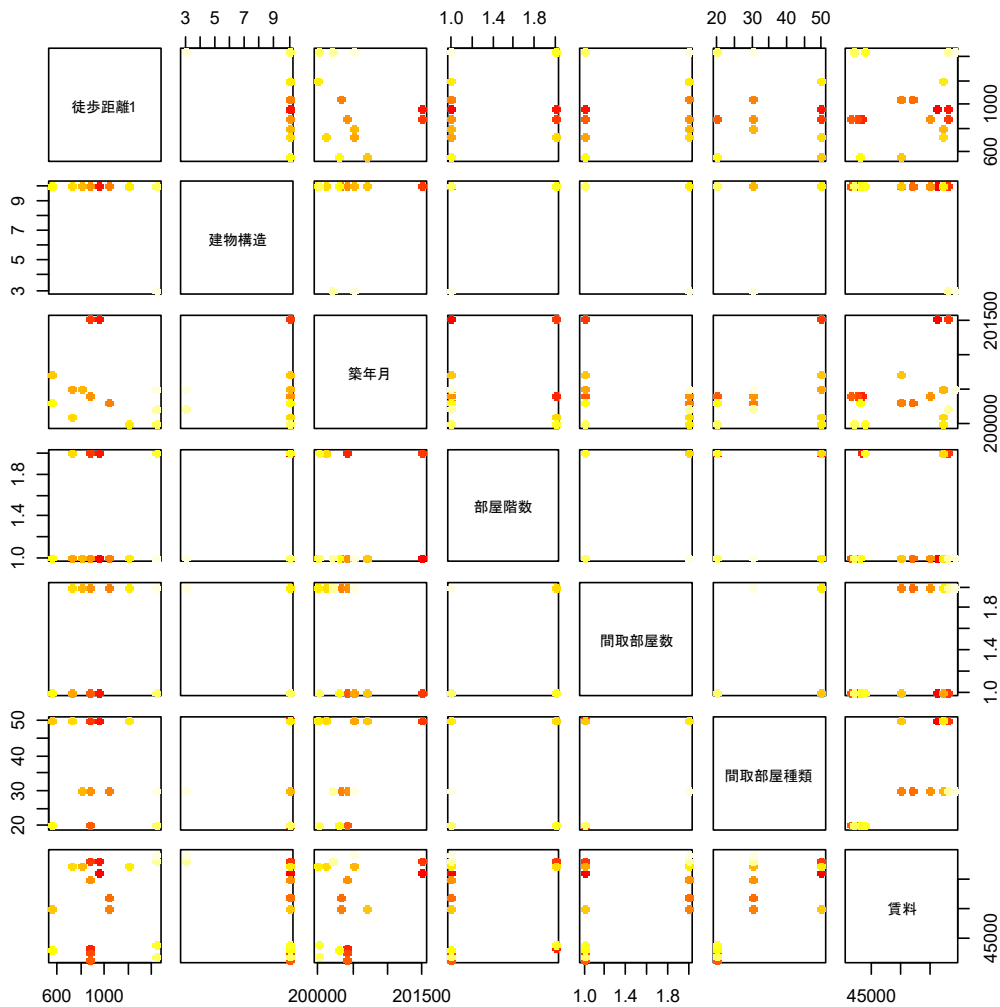


Fig.12 被験者Aによる受容度ランク19位までの2項目値のペア・プロット
点色は、赤色が1位、黄色が19位、その間のグラデーションでランク順位を表す。

4 考察

一般的な賃貸物件選択、お部屋探しの方法は、賃貸情報ウェブサイトでユーザの考える選択条件項目にブラウザ上でチェックを入れる、条件の範囲を選択する等で物件を絞るものが多い。また、今回使用したHOME'Sデータセットのような場合では、表計算

アプリケーションを使って優先項目を順にソートして徐々に物件を絞っていく方法もある。

このような一般的な賃貸物件選択やEMOでは、検索あるいは最適化と意思決定を繰り返す必要がある。一方、提案手法である受容度を導入すると、ユーザの十分な知見や明確な嗜好さえあれば、検索あるいは最適化が意思決定を含めて1回で行うことがで

きる。また、受容度が0である物件や個体は選択されないため、 unnecessaryな探索をしなくて済むことも利点の一つである。

パレート・ランクと比べると、受容度ランクは同じランクになることが少ない。実験結果も受容度ランクが重複したのは19物件中4件（ランク5と7が2件ずつ）だけであった。受容度の実数値には、個体間の優劣判断や個体間距離に利用できる情報が含まれており、例えば、ルーレット選択などでの確率に実数値のまま利用できることや、EMOや意思決定アルゴリズムに利用できることが多々あると考える。

今回設定の7項目中4項目は離散値であるが、受容度は項目や目的の連続値、離散値の区別をすることなく統合受容度とすることができる。この点においても、受容度が様々なECアルゴリズムに導入することができることを意味している。

本論は物件の検索のためのランキングまでを行ったが、EMOにおいても受容度が導入できる。ECアルゴリズムでの評価・選択の過程で、受容度はパレート・アプローチと比較して、計算コストが低く済む。例えば、non-dominated sorting [1]と比べると、スカラー値の単純なソートである受容度の計算オーダーは低い。

EMO分野では、設計変数空間や目的関数景観を使って研究が行われている。本研究はこれらに更に受容度景観、Fig.8-10を導入している。受容度概念の導入により、意思決定者であるユーザの受容度が多数目的問題に対して可能性を広げる。

5 結論と今後

多数目的問題である賃貸物件探索に対する実験で得られた受容度の長所を次にまとめる。

1. 多数目的問題の目的数が増えても同ランクの個体数が指数的増加をすることなくランキングできる。
2. パレート・ランクと比べ計算が容易かつ短時間である。どのようなECアルゴリズムにも利用できる。
3. 統合受容度の実数値であることは意思決定やEMOアルゴリズムに利用できる可能性がある。
4. 探索や最適化に意思決定を含めることが可能であり、1回のプロセスで完了する。
5. 探索空間を限定することができる。

ただし、今回の被験者数や設定条件は限定的であったため、継続した実験及び検討が必要である。今後は、既に実験済みの被験者のデータを評価し検証を行う。また、受容度の統合方法を加法形にする、

重み付けする等の実験追加や、設計変数空間、目的関数景観に受容度景観を導入した研究も行う計画である。

他の多数目的タスクでの探索及び最適化への応用研究も既に開始している。

謝辞

本研究は、JSPS科学研究費（課題番号JP26350032）の助成を受けたものである。

本研究は、株式会社ネクストが国立情報学研究所の協力により研究目的で提供している「HOME'S データセット」を利用した。

参考文献

- [1] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, T. Meyarivan, "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II," *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, vol.6, no.2, pp.182- 197 (2002).
- [2] K. Deb and J. Sundar, "Reference point based multi-objective optimization using evolutionary algorithms" *Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO2006)*, pp.635- 642 (2006).
- [3] K. Deb and A. Kumar, "Interactive evolutionary multi-objective optimization and decision-making using reference direction method," *Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO2007)*, pp. 781- 788 (2007).
- [4] K. Deb and H. Jain, "An evolutionary manyobjective optimization algorithm using referencepoint-based nondominated sorting approach, Part I: solving problems with box constraints," *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, vol.18, no.4, pp.577- 601 (2014).
- [5] Fonseca, C. and Fleming, P. "Genetic Algorithms for Multi-objective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization," *ICGA '93*, pp.416- 423, Urbane/Champaign, IL, USA, July 1993.
- [6] M. Gong, F. Liu, W. Zhang, L. Jiao and Q. Zhang, "Interactive MOEA/D for multi-objective decision making," *13th annual conf. on Genetic and evolutionary computation (GECCO2011)*, Dublin, Ireland, pp.721- 728 (July, 2011).
- [7] ジョン・S・ハモンド, ラルフ・L・キーニー, ハワード・ライファ 著, 小林龍司 訳, 「意思決定アプローチ「分析と決断」」, ダイアモンド社, 1999年.
- [8] R. Keeney and H. Raiffa, "Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs," *Cambridge University Press; Revised (1993)*.
- [9] 岸上利裕, 吉川大弘 「reference lineに基づくユーザの嗜好方向探索手法の提案」*進化計算学会論文誌*, vol.6, no. 1, pp.31- 41 (2015).
- [10] P. Korhonen L. Thiele, K. Miettinen and J. Molina, "Interactive evolutionary multi-objective optimization and decision-making using reference direction method. A preference-based interactive evolutionary algorithm for multiobjective

optimization,” Technical Report Working Paper Number W-412, Helsingin School of Economics, Helsingin Kauppakorkeakoulu, Finland (2007).

- [11]三好力, 西孝仁, 「自己組織化マップを用いたあいまい検索手法の提案と不動産物件データへの応用」, 知能情報フレンジイ学会誌, Vol.18, No. 3, pp.462-470, 2006.
- [12]岡本眞一, 「商品選択問題についての多属性効用関数法の応用」, 経営情報科学Vol.2 No. 3, pp. 227-234, 1989年.
- [13]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資料集, 神戸, pp.18-23 (2015年9月7-8日).
- [14]安井翔太, 「Rで部屋探し For slide share」, <http://www.slideshare.net/shotayasui/for-slide-share-32879487>, 2014.
- [15]StatModeling, 「データ解析で割安賃貸物件を探せ! (山手線沿線編) - StatModeling Memorandum:」, <http://statmodeling.hatenablog.com/entry/wariyas-u-chintai>, 2015.
- [16]Q. Zhang and H. Li, “MOEA/D: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition,” IEEE Trans. on Evolutionary Computation, vol.11, no. 6, pp.712- 731 (2007).