

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330421

研究課題名(和文)メタバースとそのソーシャルネットワークのための体験支援

研究課題名(英文)Experience Support for Metaverse and its Social Network

研究代表者

THAWONMAS Ruck (THAWONMAS, Ruck)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：50320122

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではSecond Lifeのようなメタバースにおける初心者のユーザに対するその活動を支援する情報推薦システムに重点をおき、(1) コンテキスト情報の協調フィルタリングへの活用、(2) BMFと呼ばれる範囲制約付き行列分解の改良、及びユーザ分類のための不均衡データ問題の解消に関する研究を実施した。いずれのテーマについても有効な手法を確立し、これらの研究成果をもとめた7件の査読付き論文を公表した。おおむね本研究課題の目的に達成したと言える。

研究成果の概要(英文)：This research project focuses on information recommendation to support activities of novice users in metaverse such as Second Life. In particular, three themes were conducted, namely, (1) exploitation of context information in collaborative filtering, (2) improvement of BMF, a matrix factorization (MF) method with bound constraints, and (3) resolution of imbalanced data for user classification. Seven peer-reviewed papers have been published based on these results. It can be said that our main research objectives have been fulfilled.

研究分野：知能情報学, ゲームAI

キーワード：情報推薦 協調フィルタリング 行列分解 メタバース Second Life 不均衡データ パターン分類 サポートベクターマシン

1. 研究開始当初の背景

リンデン・ラボが開発・運営している Second Life(SL)は、インターネットに存在する仮想三次元空間で現実世界に近いリアリティを持つメタバースの中で最も普及している。その空間は複数のエリアで構成され、オンラインゲームと違って各エリアがその所有者により独自に設計・構築される。そのため、実在する博物館や大学などの多くの教育・研究機関が設置した施設や個人により運営されているミュージックハウスなどの多様性のある空間が実現されている。しかし、そのコンテンツの豊富さがユーザにとって自分に適した訪問先の選定を妨げるため、特に初心者に対してこれらの活動を支援するシステムが必要となる。

2. 研究の目的

先述した背景を踏まえてメタバースにおけるエリア推薦に着目し、以下の3つの目的を設定した。

(1) コンテキスト情報の協調フィルタリングへの活用：既存の情報推薦では、特に推薦対象ユーザと他のユーザ群の嗜好情報を利用して推薦を行う協調フィルタリング手法において Matrix Factorization(MF)が予測精度や拡張性の高さから用いられることが多い。このMF に仮想空間特有の情報を組み込むことにより精度向上を図る。

(2) BMF と呼ばれる範囲制約付き行列分解の改良：MF の基礎研究として評価値の範囲制約を考慮した Bounded Matrix Factorization (BMF) という手法に着目した。同手法は、予測評価値が範囲内にあることを保証するため、いくつかの実世界のデータセットで多くの推薦システムの技術水準のアルゴリズムを上回ったと報告されたが、その保証のために特徴行列の各要素の下限と上限のベクトルを計算しなければならず、計算時間がかかる。BMF におけるこの課題解決を図る。

(3) ユーザ分類のための不均衡データ問題の解消：メタバースにおいてユーザの種類が偏っており、ユーザに対して情報推薦を行う際に、不均衡データ問題を解消する必要があった。ここで、SVM(サポートベクターマシン)に着目し、SVM によるプレイヤー分類における不均衡データ問題の解消を図る。

3. 研究の方法

前記の各方法について述べる。

(1) ユーザの評価値を予測するための予測評価値式によってユーザと推薦候補エリアが持つコンテキストの直接的な関係を反映させた従来の MF の改良法がある。それに対して、訪問エリアと推薦候補エリアのコンテキストを比較することで、従来法で活用されたユーザとコンテキストの直接的なつながり

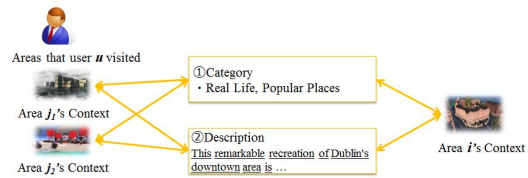


図1 テーマ1：コンテキスト情報を活用した協調フィルタリングのイメージ図

りだけでなく、訪問エリアを通じた間接的なつながりも考慮する(図1)ことにより、従来法の性能をさらに向上させるため新たな予測評価値式を提案した。詳細は「5.主な発表論文等」の、を参考されたい。

(2) 「5.主な発表論文等」の、で提案された Bounded-SVD bias 及び「主な発表論文等5.の」で提案された同手法の改良法を述べる。Bounded-SVD bias で評価値の範囲制約が目的関数に直接導入されている(式(1)の第2項)。そのため、従来法である BMF より計算量が少ない。しかし、Bounded-SVD bias の目的関数に過剰学習という現象を抑制する項がないため、データによって同現象が生じていることが確認された。Bounded-SVD bias における前記の課題を解決するために同手法の目的関数に正則化項(式(1)の第3項)を導入し改良法を提案した。詳細は「5.主な発表論文等」の、を参考されたい。

$$\min_{p_u, q_u, b_u} \sum_{(u,i) \in S_r} (r_{ui} - \hat{r}_{ui})^2 + \lambda_1 (e^{\alpha(\hat{r}_{ui} - r_{\max})} + e^{\alpha(r_{\min} - \hat{r}_{ui})}) + \lambda_2 (|p_u|^2 + |q_u|^2 + |b_u|^2 + |b_i|^2) \quad \text{式(1)}$$

(3) 不均衡データ問題を解消するために、性能が発揮したオーバーサンプリングのアプローチでは、数が少ないクラスのデータを合成することで増やす仕組みをとっている。SVM に着目した場合、従来法ではデータ合成のため、入力空間内でサポートベクター(図2.aの)の近傍(図2.aの で囲まれた)を用いるが、SVM の特徴空間においてその点(図2.bにおける、図2.aの で囲まれたと破線で結ばれた)が当該のサポートベクター(図2右側の)の近傍となる保証がない。それに対して提案手法(BOSFS)ではSVM の特徴空間においてサポートベクター(図2.bの)の近傍(図2.bの で囲まれた)を直接求める。それにより、この問題の解消に成功した。詳細は「5.主な発表論文等」のを参考されたい。

4. 研究成果

前記の各成果について述べる。

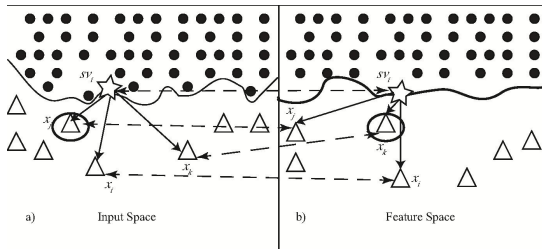


図2 テーマ3：従来のオーバーサンプリング方と 提案手法 BOSFS との違いを示す概念図

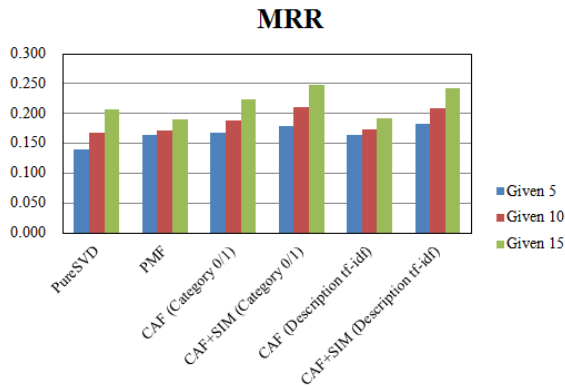


図3 各コンディションにおける MRR の結果

表1 テーマ2：MovieLens 各サイズに対する RMSE

データセット	手法	RMSE
100K	Bounded-SVD bias	0.9175
	改良 Bounded-SVD bias	0.9057
1M	Bounded-SVD bias	0.8620
	改良 Bounded-SVD bias	0.8482

表2 テーマ3：YEAST データセットに対する各性能指標

Algorithms / Metrics	Imbalance Ratio (Minority : Majority)						Average
	2:28	6:28	11:28	16:28	21:28	26:28	
SMOTE							
acc ⁺	100.00	92.66	85.61	89.40	92.49	92.79	92.31
acc ⁻	93.35	86.58	93.58	92.28	92.78	91.60	91.81
g-means	96.61	89.37	89.50	90.82	92.61	92.17	92.86
F-measure	39.86	66.82	88.47	90.48	93.53	93.85	94.43
Borderline-SMOTE							
acc ⁺	96.11	94.25	89.16	89.11	91.18	92.65	93.63
acc ⁻	92.77	85.04	91.45	95.57	96.71	97.67	97.99
g-means	94.34	89.34	90.26	92.25	93.89	95.13	95.78
F-measure	34.56	63.75	88.11	92.33	94.28	95.53	96.20
BOS							
acc ⁺	100.00	91.86	92.65	93.82	95.45	95.58	96.07
acc ⁻	93.71	94.15	96.56	95.83	95.07	95.04	93.93
g-means	96.80	92.96	94.58	94.80	95.26	95.31	94.99
F-measure	55.52	86.59	93.65	94.88	95.85	96.13	96.20
BOSFS							
acc ⁺	100.00	95.17	96.19	96.47	97.27	97.89	97.99
acc ⁻	94.96	97.18	96.71	97.13	97.57	97.39	97.79
g-means	97.44	96.15	96.44	96.80	97.42	97.64	97.89
F-measure	61.00	93.70	95.74	96.88	97.67	98.13	98.35

(1) 本検証に用いるデータセットには, SL のクロージングデータを用いる. このデータ収集には, Second Life Destination Guide と呼ばれる Linden 社が SL にある約 25000 エリアの中からベストなエリアと認定したエリアを紹介するサイトに掲載されているエリア群 (データ収集時点で 1925 エリア) を複数のボットに巡回させ, ユーザがアバターを使ってどのようなエリアを訪問したか, またエリアが持つコンテキスト情報 (カテゴリー, 説明文) の収集を行った.

代表的な性能の指標として MRR (Mean Reciprocal Rank) を示す (図3). RR (Reciprocal Rank) は推薦エリアの順位を評価する指標で, $RR = 1/n$ に定義される. ここで n はユーザに与えた推薦リストの中でその上から 1 番最初に正解したエリアの順位である. もし推薦リスト中に正解がなければ 0 となる. この RR の全ユーザ平均をとったものが MRR である.

図3を見ると, トレーニングセットのサイズ (Given 数字) が大きくなるにつれて性能に増加傾向が見られ, 提案手法 (CAF+SIM) が従来法 (PureSVD, PMF, CAF) より優れた性能を持つことが確認できる. 他の性能指標についても同様な結果が得られた.

(2) 情報推薦の分野でよく用いられている MOVIELENS というデータセットの 2 種類のサイズを対象に実験した. 同データセットはミネソタ大学の GROUPLENS RESEARCH プロジェクトで用意されているいくつかのデータセットの内の映画に関するものである. 性能指標として同データセットで最も使用されている RMSE (平均二乗誤差) を採用し, その結果を表1に示した. 表1より, 提案した改良法の有効性が確認できる. なお, 本報告書では改良前の Bounded-SVD bias が従来の MF 法より優れている点に関する結果を省略している.

(3) 代表的な研究成果として YEAST という不均衡データ問題の研究において標準的なデータの 1 つであるデータセットに関する結果を表2に示す. 同表から, いずれの性能指標及び不均衡の割合においても提案手法 (BOSFS) が従来法 (SMOTE, Borderline-SMOTE, BOS) より優れていることが確認できる. 他のデータセットに対して同様な結果が得られた.

5. 主な発表論文等
(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計7件)
Kittipat Savetratanakaree, Kingkarn Sookhanaphibarn, Sarun Intakosum and Ruck Thawonmas, "Borderline Over-sampling in Feature Space for Learning Algorithms in Imbalanced Data Environments," IAENG

International Journal of Computer Science, 査読有, vol. 43, no. 3, pp. 363-373, 2016.
http://www.iaeng.org/IJCS/issues_v43/issue_3/IJCS_43_3_12.pdf

Kazuki Mori, Tung Nguyen, Tomohiro Harada, and Ruck Thawonmas, "An Improvement of Matrix Factorization with Bound Constraints for Recommender Systems," Proc. of the 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, 査読有, pp. 103-106, Jul. 10-14, 2016.
DOI: 10.1109/IIAI-AAI.2016.244

Bang Hai Le, Kazuki Mori, Ruck Thawonmas, "An Extension for Bounded-SVD - a Matrix Factorization Method with Bound Constraints for Recommender Systems," Journal of Information Processing, 査読有, vol. 24, no. 2, pp. 314-319, 2016.
<http://doi.org/10.2197/ipsjjip.24.314>

川瀬 寛太, レ・ハイ・バン, ターウォンマツト・ラック, "仮想空間環境におけるコンテンツ情報を活用した協調フィルタリング手法の提案と評価," 情報処理学会論文誌, 査読有, vol. 56, no. 10, pp. 1988-1995, 2015.
<http://id.nii.ac.jp/1001/00145518/>

Bang Hai Le, Kien Quang Nguyen, and Ruck Thawonmas, "Bounded-SVD: A Matrix Factorization Method with Bound Constraints for Recommender Systems," Proc. of the 2nd International Research Conference on Emerging Information Technology and Engineering Solutions, 査読有, pp. 23 - 26, Feb. 20-21, 2015.
DOI: 10.1109/EITES.2015.10

Kanta Kawase, Bang Hai Le, and Ruck Thawonmas, "Collaborative Filtering for Recommendation of Areas in Virtual Worlds," Proc. of the 2014 International Workshop on Network and Systems Support for Games, 査読有, Japan. pp. 1-3, Dec. 4-5, 2014.
DOI: 10.1109/NetGames.2014.7008971

Satoshi Chiba, Bang Hai Le, and Ruck Thawonmas, "Players' Interest Measurement Based on Visiting Time in a Location-Based Game," Proc. of the 3rd IEEE Global Conference on Consumer Electronics, 査読有, pp. 492-493, Oct. 7-10, 2014.
DOI: 10.1109/GCCE.2014.7031271

〔学会発表〕(計 5 件)

森 和貴, 山竹 浩史, レ ハイ バン, ターウォンマツト・ラック, 原田 智広, "仮想空間における滞在時間を用いたコンテンツベース推薦手法の提案," 平成 27 年度情報処理学会関西支部大会, 2015 年 9 月 28 日, 「大阪大学中之島センター(大阪府大阪市)」.

Le Hai Bang, 川瀬 寛太, Ruck Thawonmas, "範囲制約付き行列分解の推薦システムへの応用," 平成 26 年度情報処理学会関西支部大会, 2014 年 9 月 17 日, 「大阪大学中之島センター(大阪府大阪市)」.

千葉 慧, Bang Hai Le, Ruck Thawonmas, "滞在時間を用いてユーザの好みの場所を予測する位置情報ゲーム," 平成 26 年度情報処理学会関西支部大会, 2014 年 9 月 17 日, 「大阪大学中之島センター(大阪府大阪市)」.

川瀬 寛太, THAWONMAS Ruck, "仮想空間内におけるユーザ・アイテム属性を考慮した協調フィルタリング手法の提案," 2014 年電子情報通信学会総合大会, 情報・システムソサイエティ特別企画, 学生ポスターセッション, 2014 年 3 月 18 日, 「新潟大学(新潟県新潟市)」.

千葉 慧, 星見 隆文, 片岡 隼也, 森口 翔太, ターウォンマツト・ラック, "滞在時間情報を活用した好みの場所の予測," ゲーム学会第 12 回全国大会, 2014 年 3 月 2 日, 「甲南大学(兵庫県神戸市)」.

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.ice.ci.ritsumei.ac.jp/~ruck/>

6. 研究組織
(1) 研究代表者
THAWONMAS Ruck
立命館大学・情報理工学部・教授
研究者番号: 5 0 3 2 0 1 2 2