



私のブックマーク

不動産と人工知能^{†1}

清田 陽司 (株式会社 LIFULL)

1. はじめに

不動産業界には、いまだに電話や FAX が多用されているなどといったアナログなイメージをお持ちの方も多かもしれません。しかし、不動産に関するあらゆる業務をデジタル化し、テクノロジーを活用しようという動きが、現在世界的に盛んになっています。金融業界における FinTech, 人材業界における HRTech などと同様に、Real Estate Tech (不動産テック) というキーワードも注目を集めています。

McKinsey Global Institute が 2015 年に出したレポート「Digital America : A tale of the haves and have-mores」[1] に、興味深い図が掲載されています (Executive Summary の Exhibit E2 「The MGI Industry Digitization Index」[2])。米国の各産業セクタにおけるデジタル化の進展状況を示しているのですが、不動産はマーケティングなどで高度にデジタル化が進展している一方で、顧客とのやり取り (Interaction) など、まだデジタル化されていない業務も多くあることがわかります。しかし、急速に発達しつつある仮想現実 (VR) や複合現実 (MR), モノのインターネット (IoT) などの技術の普及により、物件の現地での案内や賃貸物件の管理など、多大な労力を必要としている業務が、今後デジタル化・省力化される流れにあることが予想されています。上記の図でも、不動産は “Digital leaders within relatively undigitalized sectors” の一つとされています。

デジタル化の進展に伴い、不動産における人工知能 (AI) 活用の取組みも盛んになりつつあります。より精度の高い物件の推薦、即時の価格査定、チャットボットによる接客、最先端の画像処理技術を用いた 3D データの生成などが、実際に不動産ビジネスの現場で活用されつつあります。また、産学双方における不動産データを活用した AI の研究開発も盛んになっています。

2. 物件の価格査定

不動産物件の価格査定については膨大な数の研究が存在するため、ここでは大きな流れを把握するために有用な文献のみを紹介します。

- Harrison, et al. 1978 : Hedonic housing prices and the demand for clean air, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 5, No. 1, pp. 81-102 [3]
ボストンにおける大気汚染が住宅価格に与える影響を分析し、回帰木の一種 CART (Classification and regression trees) の有用性を示しています。機械学習の応用事例としても非常に先駆的な研究であり、不動産以外のさまざまな分野の回帰分析の研究にも多くの影響を与えています。
- Linoff, et al. 2011 : Data Mining Techniques : For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management. Third Edition, John Wiley & Sons [4]
1990 年代から盛んに行われているデータマイニング技術を網羅した書籍で、不動産価格査定の事例も取り上げられています。295 ページからは、ニューラルネットワークを用いた価格査定システムの事例として、米国連邦住宅金融抵当公庫 (Federal Home Loan Mortgage Corporation, 通称 Freddie Mac) による Loan Prospector などが紹介されています。
- 清水 2016 : 市場分析のための統計学入門, 朝倉書店 [5]
住宅価格や物価指数を主な事例として、経済と市場を読み解くための統計学の基礎をわかりやすくまとめています。13 章に、不動産価格の査定におけるおのおの機械学習手法の予測力を比較した実験結果が示されています。ニューラルネットワークのように非線形性を表現することができる手法は、場合によっては大きく

^{†1} http://www.ai-gakkai.or.jp/my-bookmark_vol33-no5

予測を外してしまうことがあり、安定性では線形回帰や回帰木が優れている可能性があることが指摘されています。

近年は、地域にひも付けられたオープンデータ（人口、経済活動、交通、教育、治安、災害、地質など）や、不動産物件画像など、多種多様なデータ資源が利用できるようになってきたことから、個別の物件の参考価格を提示するサービスも開始されています。

- ・ Zestimate [6]

米国最大の不動産情報サイトを運営する Zillow 社によって開発されている物件価格査定アルゴリズムで、米国全土の1億を超える物件に対して参考価格を算出し、地図上などで確認できるようになっています。

- ・ LIFULL HOME'S PRICE MAP [7]

Zestimate と同様に、日本全国のマンション参考価格が地図上で確認できるサービスです。

価格査定を競う賞金付きのコンペティションも行われています。

- ・ Zillow Prize [8]

Zillow 社が、価格査定アルゴリズム改善などを目的に、賞金総額120万ドルのコンペティションを2017年より開催しています。

3. 物件の情報推薦

Webでの物件情報検索が一般的になったことから、より多くの物件情報がWeb広告として流通するようになり、顧客もある程度Web上で物件を絞り込んでから来店することが多くなりました。よって、Web上において効率的な集客を行うための広告システムや、顧客のニーズに応じた物件提案を行う情報推薦システムなどで、AIが活用される流れにあります。

物件提案においては、一般の商品の情報推薦においてよく用いられている協調フィルタリングなどがあまり有効でないことが知られており、不動産物件に適した推薦アルゴリズムの研究が進められています。研究事例を以下に示します。

- ・ 大知 ほか 2014：推薦そのものがユーザに与える影響を考慮した情報推薦，2014年度人工知能学会全国大会 (JSAI 2014)，2M3-2 [9]

不動産情報サイトにおける物件提案において、資料請求を行うユーザの割合が高い物件を最初から提示するよりも、低い物件の提示を経由してからのほうが、最終的な資料請求の割合が高まる場合があることを示しています。

- ・ 三條 ほか 2015：トピックモデルによる検索クエリの分類に関する研究，信学技報，Vol. 115，No. 222，NLC2015-30，pp. 63-68 [10]

ユーザが検索時に使用した検索条件にトピックモデルを適用したクラスタリングを行い、ユーザをニーズに従っていくつかの分類する手法を提案しています。

4. 不動産物件画像への深層学習の適用

不動産物件の広告においては、価格・賃料、立地、面積、間取り、設備などの属性情報とともに、物件の様子を知ることができる画像情報へのニーズが非常に大きいです。不動産情報サイトの利用者が不動産会社を選ぶ際に、「写真の点数が多い」点を重視していることがわかります。不動産会社が広告として掲出する大量の画像データを活用し、深層学習などによって有益な情報を抽出する取組みが、世界中で盛んに行われています。

深層学習の一種である畳込みニューラルネットワーク (CNN) を用い、多数の研究が行われています。一部の事例を示します。

- ・ Koch, et al. 2018：Visual Estimation of Building Condition with Patch-level ConvNets [11]

不動産物件画像から得られる外見的特徴を用い、建物の状態を推定することにより、物件価値の推定に役立つことを目的とした研究です。

- ・ 古川 2017：不動産画像データセットを利用したディープ多形態画像対応学習，人工知能，Vol. 32，No. 4 [12]

室内画像（浴室やキッチンなど）と、間取り図画像の対応関係を、CNNを用いて学習するという研究です。与えられた間取り図に対応する正しい浴室写真を選ばせるクイズにおいては、四者択一問題の場合で人間のクラウドワーカーを上回る7割以上の正解率を示しています。また、大量のクイズを解かせることで、間取り図ナビゲーションなどのアプリケーションが実現できる可能性も示しています。

- ・ 李 ほか 2017: 不動産情報ポータルサイト SUUMO でのデータ活用, 人工知能, Vol. 32, No. 4 [13]
賃貸物件における画像タグ付けに CNN を用いた場合の精度検証を行っているほか, DCGAN を用いて窓を設置したり床の色を変更したりする実験を行っています。
- ・ 石田 ほか 2016: 住居選択支援を目的とした不動産物件画像からの深層学習による情報抽出の試み, 第 8 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会 [14]
後述の LIFULL HOME'S データセットを用い, 物件画像の種別判別や, キッチンのワークスペースの広さの抽出について, CNN による精度を検証しています。

仮想現実 (VR) や複合現実 (MR) の活用にあたって不可欠な 3D データを, 物件画像から生成する試みも盛んに行われています。

- ・ LSUN 2016 (Large Scale Scene Understanding Challenge) [15]
画像からのシーン理解タスクに関するコンペティションです。2016 年には, 不動産物件の室内画像から壁・天井・床などの構造を抽出する Room Layout Estimation というタスクが設定され, 高い精度が達成されています (LSUN 2016 leaderboard [16])。
- ・ Izadinia, et al. 2017: IM2CAD [17]
家具が置かれた室内画像から, オブジェクトで構成されたデータ (CAD モデル) を再構成するシステムの研究です。CAD モデルのレンダリング結果を入力画像に一致させるための繰り返し演算を行うことで, 再現度の高い CAD モデルの生成を実現しています。
- ・ Liu, et al. 2017: Raster-to-Vector: Revisiting Floorplan Transformation. ICCV 2017 [18]
間取り図のラスター画像から, 部屋の 3D モデルを再構成するシステムの研究です。後述の LIFULL HOME'S データセットを用い, CNN によって壁の交差点を検出する手法と, 部屋の構造制約を考慮した構造推定を Integer Programming によって行う手法を組み合わせ, 9 割以上の精度で間取り図の構造が解析できることを示しています。

5. 多種多様なデータを活用する試み

実世界上に存在する不動産物件に関する情報を, センサやソーシャルメディアなどで取得することで, 新たなビジネス価値を創出しようとする取組みも盛んになっています。

- ・ 山崎 2017: AI・IoT を用いた不動産物件の「魅力」情報処理, 人工知能, Vol. 32, No. 4 [19]
東京都内の空室賃貸物件に安価な IoT デバイスを一定期間設置し, 音量・気温・照度などを測定することにより, 賃貸物件の価値を測定しようとする試みを紹介しています。
- ・ 諏訪 2017: 暗黙知センシングに基づいた飲食店向き不動産店舗の営業支援, 人工知能, Vol. 32, No. 4 [20]
飲食店向き不動産物件の賃料決定が, 不動産会社の個々の営業マンの暗黙知に依存しているという課題に着目し, 物件が面する場所の人通りなどを IoT によってセンシングする可能性についての議論を行っています。
- ・ 荒牧 ほか 2017: 広がり続ける 100 ninmap project —街歩きから不動産検索まで—, 人工知能, Vol. 32, No. 4 [21]
街の様相 (modality) に関する情報を, ソーシャルメディアやスマートフォンアプリによって収集・可視化するという “100 ninmap project” の取組みを紹介しています。また, 京都市内の 36 エリアに関しての指標をクラウドソーシングによって収集し, 街の雰囲気によって不動産物件を検索するインタフェースなども試作しています。

6. データセット

流通している不動産物件に関するデータの扱いは, 国や地域によって異なりますが, 先進国においては不動産業界が自主的に組織した機構によって整備されていることが多いです。日本では国土交通省指定の不動産流通機構 (REINS), 米国では各地域の Multiple Listing Service (MLS) と呼ばれる会員制のデータベースが整備されています。しかし, これらのデータベースは不動産取引の免許をもつ会員でなければアクセスできず, 一般の研究者による利用は困難です。研究者がアクセスできる主なデータセットを以下に示します。

- ・ 国立情報学研究所 情報学研究データリポジトリ (NII-IDR) [22]
情報学分野の研究者コミュニティに対する研究基盤の整備・提供の一環として, 学術コミュニティにおけるデータセット提供の統一の窓口として設置されています。不動産関連では, 以下のデータセットが提供されています。利用は無料で, 利用目的は学術研究に限定されています。研究成果の一部はこちら [23] で公開され

ています。

- ・ LIFULL HOME'S データセット [24]
不動産情報サイト LIFULL HOME'S に 2015 年時点で掲載されていた日本全国の賃貸物件データ 533 万件、およびそれにひも付く物件画像データ 8 300 万点、間取り図画像データ 510 万点などが提供されています。
- ・ 楽天データセット [25]
株式会社 LIFULL が不動産情報サイト「楽天不動産」向けに提供した間取り図画像データ 500 点に、壁位置をアノテーションしたものが提供されています。
- ・ 国土交通省：土地情報総合システム [26]
国土交通省が不動産取引当事者へのアンケート調査（任意回答）をもとに提供しているデータベースです。データのダウンロードも可能です。
- ・ REINS Market Information [27]
REINS が、成約価格をもとにした不動産取引の参考情報として提供しているサービスです。
- ・ Data - Zillow Research [28]
米 Zillow 社が公開している物件価格や賃料に関する統計データをダウンロードにて入手可能です。データ利用にあたっては、Zillow 社の利用規約に従う必要があります。
- ・ LSUN 2016 [29]
上述の Room Layout Estimation に関するデータセットが提供されています。

7. 不動産と人工知能に関する研究活動

近年、不動産に関する研究用データが徐々に整備されてきたことに伴い、不動産分野での人工知能を扱う研究室が徐々に増えてきています。主な研究室を以下に紹介します。

- ・ 日本大学：清水千弘研究室 [30]
- ・ 東京大学：相澤・山崎研究室 [31]
- ・ 東京大学：住宅・都市解析研究室 [32]
- ・ 奈良先端科学技術大学院大学：ユビキタスコンピューティングシステム研究室 [33]
- ・ 奈良先端科学技術大学院大学：ソーシャル・コンピューティング研究室 [34]
- ・ Simon Fraser University：古川泰隆研究室 [35]

不動産情報を扱ういくつかの民間企業も、人工知能適用に関する研究開発組織を立ち上げて活動を行っています。

- ・ Zillow Research [36]
- ・ LIFULL Lab (株式会社 LIFULL) [37]
- ・ 株式会社 GA Technologies：AI 戦略室 [38]

人工知能およびコンピュータサイエンスのコミュニティで不動産に関する課題にフォーカスした主なコミュニティの活動としては、以下のようなものがあります。

- ・ 人工知能学会全国大会：オーガナイズドセッション「不動産と AI」 [39]
- ・ 人工知能, Vol. 32, No. 4, 特集「不動産と AI」 [40]
- ・ 情報科学技術フォーラム (FIT)
 - ・ FIT 2016@ 富山 イベント企画：Real Estate Tech：不動産× IT ～ IT が拓く不動産の未来～ [41]
 - ・ FIT 2017@ 東京 イベント企画：不動産テック～不動産× AI が拓く不動産の未来～ [42]
- ・ 国際ワークショップ：Multimedia for RETech 2018 (ACM ICMR 2018@ 横浜) [43]

8. 関連する学会・コミュニティ

不動産を専門に扱う学問領域としては不動産学があります。また、経済学、建築学、都市学などとも密接な関連もっています。

9. 国内学会 (関連分野を含む)

- ・ 日本不動産学会 [44]
- ・ 日本不動産金融工学学会 [45]
- ・ 日本都市計画学会 [46]
- ・ 日本建築学会 [47]
- ・ 都市住宅学会 [48]
- ・ 資産評価政策学会 [49]

10. 国際学会

- ・ International Real Estate Society [50]
- ・ Asian Real Estate Society [51]
- ・ American Real Estate Society [52]
- ・ Pacific Rim Real Estate Society [53]
- ・ European Real Estate Society [54]
- ・ African Real Estate Society [55]
- ・ Latin American Real Estate Society [56]

11. 不動産を専門に扱う国内の研究機関

- ・ 日本不動産研究所 [57]
- ・ 明海大学不動産学部 [58]
- ・ 早稲田大学国際不動産研究所 [59]

12. 不動産を専門に扱う海外の研究機関

- ・ Center for Real Estate, MIT [60]
- ・ Real Estate Center, Texas A&M University [61]
- ・ The Department of Real Estate and Construction, The University of Hong Kong [62]
- ・ Institute of Real Estate Studies, National University of Singapore [63]

13. おわりに

不動産業界は、他の業界と比較してデジタル化が進んでおらず、人工知能活用の取組みも遅れているのが現状です。また、各種の法規制、独特の業界の商習慣が、テクノロジー活用の壁になっている状況もあります。しかし、現在急速に浸透しつつあるVR、IoT、チャットシステムなどのデジタル技術が、この現状を大きく変えつつあります。

データセット共有やコンペティションの開催など、人工知能研究者が新たに参入しやすい環境が徐々に整いつつあります。少しでも多くの方々が不動産に関わる研究テーマに関心をもっていただけると幸いです。

- [1] <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/digital-america-a-tale-of-the-haves-and-have-mores>
- [2] https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Digital%20America%20A%20tale%20of%20the%20haves%20and%20have%20mores/MGI%20Digital%20America_Executive%20Summary_December%202015.ashx#page=11
- [3] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.926.5532&rep=rep1&type=pdf>
- [4] <https://books.google.co.jp/books?id=AyQfVTDJypUC>
- [5] http://www.asakura.co.jp/G_12.php?isbn=ISBN978-4-254-12215-2
- [6] <https://www.zillow.com/zestimate/>
- [7] <https://www.homes.co.jp/price-map/stats/>
- [8] <https://www.zillow.com/promo/zillow-prize/>
- [9] <https://kaigi.org/jsai/webprogram/2014/paper-561.html>
- [10] <https://www.ieice.org/ken/paper/20150911Ybc8/>

- [11] <https://arxiv.org/abs/1804.10113>
- [12] https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=8810&item_no=1&page_id=13&block_id=23
- [13] https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=8811&item_no=1&page_id=13&block_id=23
- [14] http://www.sigwi2.org/wp-content/uploads/2017/08/WI2_2016_8.pdf
- [15] <http://lsun.cs.princeton.edu/2016/>
- [16] http://lsun.cs.princeton.edu/leaderboard/index_2016.html
- [17] <https://arxiv.org/abs/1608.05137>
- [18] <https://www.cse.wustl.edu/~chenliu/floorplan-transformation.html>
- [19] https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=8809&item_no=1&page_id=13&block_id=23
- [20] https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=8813&item_no=1&page_id=13&block_id=23
- [21] https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=8814&item_no=1&page_id=13&block_id=23
- [22] <https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/>
- [23] https://dsc.repo.nii.ac.jp/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_snippet&index_id=33&pn=1&count=20&order=16&lang=japanese&page_id=13&block_id=21
- [24] <https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/lifull/homes.html>
- [25] <https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rakuten/rakuten.html>
- [26] <http://www.land.mlit.go.jp/webland/>
- [27] <http://www.contract.reins.or.jp/search/displayAreaConditionBLogic.do>
- [28] <https://www.zillow.com/research/data/>
- [29] <http://lsun.cs.princeton.edu/2016/>
- [30] <http://www.cs.reitaku-u.ac.jp/sm/shimizu/>
- [31] <http://www.hal.t.u-tokyo.ac.jp/lab/>
- [32] <http://ua.t.u-tokyo.ac.jp>
- [33] <http://ubi-lab.naist.jp>
- [34] <http://sociocom.jp/>
- [35] <http://www.cs.sfu.ca/~furukawa/>
- [36] <https://www.zillow.com/research/>
- [37] <http://lab.lifull.com>
- [38] <https://www.ga-tech.co.jp/news/news/64/>
- [39] <https://sites.google.com/view/realestate-ai/>
- [40] https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=8808&item_no=1&page_id=13&block_id=23
- [41] https://www.ipsj.or.jp/event/fit/fit2016/FIT2016program_web/data/html/event/event43.html
- [42] https://www.ipsj.or.jp/event/fit/fit2017/FIT2017_program_web/data/html/event/eventB2.html
- [43] <https://sites.google.com/view/multimedia-for-retech/>
- [44] <http://www.jares.or.jp>
- [45] <http://www.jarefe.com>
- [46] <http://www.cpij.or.jp>
- [47] <https://www.aij.or.jp>
- [48] <http://www.uhs.gr.jp>
- [49] <http://www.japap.org>
- [50] <http://www.iresnet.net>

- [51] <http://www.asres.org>
- [52] <http://aresjournals.org/?code=ares-site>
- [53] <http://www.prres.net>
- [54] <https://www.eres.org>
- [55] <http://afres.org>
- [56] <http://lares.org.br>
- [57] <http://www.reinet.or.jp>
- [58] <http://meikai-re.jp>
- [59] <https://www.waseda.jp/inst/cro/other/2018/03/31/3182/>
- [60] <https://mitcre.mit.edu>
- [61] <https://www.recenter.tamu.edu>
- [62] <https://www.arch.hku.hk/departments-and-divisions/department-of-real-estate-and-construction/>
- [63] <http://www.ires.nus.edu.sg>