

エージェントベースアプローチによる スマートフォンアプリケーション市場のシミュレーション

日大生産工(院) ○村山 智隆 日大生産工 柴 直樹

1 要旨

世界には数多くのスマートフォンアプリケーションがリリースされている。その中で、ダウンロード数を増やすということは容易ではない。だが、その中でも成功している事例はある。そのほとんどは、コミュニティサイトでの口コミによる影響が大きく見て取れる。しかし、この市場は世界中が対象となるため、多言語間の口コミを考慮しなくてはならない。

本研究では、スマートフォンアプリケーション市場をエージェントベースアプローチによりモデル化する。この人工社会の中で、開発者は、製品を多言語間の口コミを考慮したユーザに配信することができ、そのフィードバックを観察することができる。

2 背景と目的

近年、スマートフォンは世界中に普及し、日本でもその姿を多く目にするようになった。その発展に伴い多くのモバイルコンテンツが造り出され、マシンの性能とともに進化していった。そして、その進化とともに著しい進化を遂げているコンテンツがある。それはアプリケーション(App)である。ネットワーク通信と本体性能の向上により様々なニーズに答える App が誕生している。今後もさらなる発展が予想されるコンテンツである。

スマートフォンと一言に言っても、世界には数多くのメーカ機種が出回っている。しかし、その中で今最も注目すべきものは Apple 社の iPhone である。なぜなら、この iPhone は、コンテンツ配信サービスである iTunes Store を利用できるスマートフォンだからである。この iTunes Store は、そのユーザだけではなく、コンテンツ開発者にとっても良い環境が備わっている。また、iPhone だけではなく、他の媒体(PC, iPod touch など)からもアクセスが可能であるという特殊なシステムになっている。現在このようなシステムを他社も取り入れる試みが多くあるが、現時点ではシステムの完成度があまり高くない。コンテンツ配信サービスは今後さらなる発展が予想されるが、発展途上と言ってもよい。以上のことから、iTunes Store をコンテンツ配信サービスの一つの完

成形として捉え、iTunes Store の App 市場に焦点を置くこととする。

iTunes Store の App 開発、配布環境の利点は、App の配布を Apple が一括して行ってくれることである。これは、App 開発を手軽にしてくれる大きな要因の一つである。しかし、その手軽さゆえに、世界には法人、個人を含め数多くの App 開発者(App Developer: AD)が存在する。AD は「そのような厳しい市場で生き残るためにどのような戦略が有効となりえるのだろうか」と悩まされるであろう。

本研究では、そのような AD のために、人工市場内で、AD 自身が想定する戦略を自由に試行できるモデルを構築する。そして、最終的に App 開発者への知的意思決定支援システムの構築を目的とする。本稿では、その人工市場の構築とシミュレーションについて論ずる。

App 市場では、ユーザ、AD などの複数の主体が相互に関係し合っている。このような組織的な事象を分析するような場合、個々の主体の振舞いを実装し、モデル化することが自然なアプローチ方法である。よって、それに適したエージェントベースアプローチ (ABA)を採用する。

モデルは、iTunes Store のコンテンツの一つである App 市場を人工市場としてモデル化する。最終的には、その人工市場内で実際に、現実の AD が有効と考える戦略をヒューマンエージェントとして試行することができるモデルを構築し、様々な市場のフィードバックを観察する。

3 モデル

3.1 ターゲット

人工市場をモデル化する上で、ターゲットとする事象は、「App 市場に関する、多言語間の口コミを考慮したユーザ間の相互作用によるニーズの変化と、それに対応する AD の戦略変化」である。この振舞いを実装することにより、様々な戦略を持つ AD と、ユーザ間の多言語間の口コミを考慮した流行を実装できる。

3.2 エージェント

この人工市場では、ユーザと AD をコンピュ

The Simulation of the Smartphone Application Market
by the Agent Based Approach

Tomotaka MURAYAMA

Naoki SHIBA

ータエージェントとして実装する.また,ユーザは,言語ごとのコミュニティグループ(言語コミュニティ)に分割する.以下, n 個の AD からなる集合, g 個のコミュニティグループの集合をそれぞれ,AD,UG とする.

$$\begin{aligned} AD &= \{ d_1, d_2, \dots, d_n \} \\ UG &= \{ U_1, U_2, \dots, U_g \} \end{aligned} \quad (1)$$

また,各コミュニティグループは互いに素な m 人のユーザからなるとする.

$$U_j = \{ u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jm} \} (j \in \{1, 2, \dots, g\}) \quad (3)$$

3.3 App 開発者

App の種類の集合を T , 価格の集合を P とする.

$$\begin{aligned} P &= \{ 0, 100, 200, \dots, 900 \} \\ T &= \{ 1, 2, 3, \dots, l \} \end{aligned} \quad (4)$$

AD が開発する App の種類 App_type は T から, 価格 App_price は P からランダムに 1 つ選ばれる.この組を戦略という. $one_of()$ は集合からランダムに要素を 1 つ取り出す関数とする.以下では, i は AD を表すインデックスとする ($i=1, 2, \dots, n$).

$$\begin{aligned} App_price_i &= one_of(P) \\ App_type_i &= one_of(T) \end{aligned} \quad (5)$$

一度選んだ App_type と App_price はそれぞれ集合 $memory_price$ と $memory_type$ に追加され保存される.

$$\begin{aligned} memory_price_i &\leftarrow \\ &memory_price_i \cup \{ App_price_i \} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} memory_type_i &\leftarrow \\ &memory_type_i \cup \{ App_type_i \} \end{aligned} \quad (9)$$

また, 価格が高い App は規模が大きいと仮定し, 毎ステップで価格に応じたメンテナンス費 $price_cost$ が資産 $asset$ から引かれる事とする.また, $asset$ はエージェント側の振舞(18)により増加する.

$$\begin{aligned} price_cost_i &= App_price_i / 10 \\ asset_i &\leftarrow asset_i - price_cost_i \end{aligned} \quad (10)$$

戦略は期間 c ごとに見直される.つまり, この戦略で, t 時の資産が $t-c$ 時の資産よりも少なかったら, (12) で App_price を変更し, (8) を実行する.

$$App_price_i = one_of(P - memory_price_i) \quad (12)$$

そして, シミュレーションを $t+c$ 時まで実行する. 価格の変更が数回繰り返され, その App_type におけるすべての App_price を網羅したら $memory_price=\emptyset$ とし, (13) で App_type を変更, (6) で価格を決定し (9) を実行する.

$$App_type_i = one_of(T - memory_type_i) \quad (13)$$

種類についても網羅した場合は, $memory_type=\emptyset$ とし, (6)(7) を実行する.これは, 随時変化しているユーザのニーズの状況を見直ために初期の状態に戻すことを意味している.以降では, この一連の手順を戦略淘汰と呼ぶ.

3.4 ユーザ

ユーザは, 購入対象である App_price と自身のニーズを考慮し, その App を入手するかを検討する. ニーズは, App の各種類へのそのユーザにとっての興味を数値ベクトルとして表わす. 初期設定として, 各々のユーザ間にバラエティを持たせるため, 0~5 の範囲の整数値でランダムに作成したニーズのベクトル $needs$ を各々のユーザ与える. 以下では, jk は, U_j に属する u_{jk} のインデックスを表す ($k=1, 2, \dots, m$).

$$\begin{aligned} needs_{jk} &= (n_1, n_2, \dots, n_l) \\ n_1, n_2, \dots, n_l &\in \{0, 1, 2, 3, 4, 5\} \end{aligned} \quad (14)$$

また, 言語コミュニティにもバラエティを持たせるため, 各々の言語コミュニティ毎に「App の固有の種類 f を非常に好む(ある言語コミュニティに属するすべてのユーザの $n_f \in needs$ に 5 を代入する)」という特徴を持たせた.

App の購入は, AD をランダムに選び, その選ばれた d_i の App を購入対象とする. その App を購入する確率 $Pr(d_i)$ は, (15) 式によって 0~1 の値で与えられる.

$$Pr(d_i) = \left(\frac{n_{App_type_i}}{5} \right) \left(1 - \frac{App_price_i}{1000} \right)^2 \quad (15)$$

その App に対する興味の値が大きければ, ある程度高額な App でも購入する確率が高くなる.

もし, App を購入した場合, その AD の App の価値 $value_i$ を -2~2 の範囲でランダムにユーザが評価し, その $value_i$ が自身の興味に影響を及ぼす. それは, 自身の App_type_i に対する $needs_{jk}$ の要素に $value_i$ を足すことでなされる. 例として, App_type_i が App_1 の時, 新たな $needs_{jk}$ は (16) に示すものとなる.

$$needs_{jk} = (n_1 + value_i, n_2, \dots, n_l) \quad (16)$$

その際, $value$ と AD の情報がそのユーザの評価記憶を表す集合 $memory_eval$ に追加され保存される.

$$\begin{aligned} memory_eval_{jk} &\leftarrow memory_eval_{jk} \\ &\cup \{ (value_i, i, App_type_i) \} \end{aligned} \quad (17)$$

さらに, i の $asset_i$ を, 実際の iTunesStore での利益率である価格の 70% だけ増加させる.

$$asset_i \leftarrow asset_i + 0.7(App_price_i) \quad (18)$$

ほとんどのユーザは, 多数存在する言語のうち 1 種の言語を話せる. しかし, $number_of_li$

nk 数のユーザは,そのうち 2 種の言語を話せる.ユーザは,自身と同じ言語を話せるユーザ間で情報を交換する事ができる.従って,すべてのユーザは同じ言語コミュニティどうしでコミュニケーションできるほか,一部のユーザは,他の言語のコミュニティに対してもコミュニケーションできる事を意味する.このコミュニケーションを多言語間の口コミと呼ぶ.以下は,コミュニケーションについて説明する.

自身が持つ言語に関してのコミュニケーションは,毎ステップごとにランダムに言語コミュニティ内から相手を選びコミュニケーションを行う.このコミュニケーションを終えて,さらに他の言語も話せるユーザの場合は,初期設定でユーザ全体からランダムに決められた相手に対してコミュニケーションを行う.このコミュニケーションでもニーズを変化させる.

コミュニケーションでは,まず話題 $topic$ を決めることから始める.ユーザ jk が相手 $j'k'$ を選んでコミュニケーションする場合,

$$topic_{jk} = one_of(memory_eval_{j'k'}) \quad (19)$$

その $topic$ から, App_type と $value$ を取り出し,購入時の(16)と同様,コミュニケーションにおけるニーズの変化も, App_type に対しての興味に $value$ を足すことでなされる.

今回のシミュレーションは,表 1 のパラメータで実行した.

表 1: 各々のパラメータの値

パラメータ名	値
n	100
m	5
g	40
l	8
number of link	20
c	10

4 シミュレーション

この人工市場は,目標とする知的意思決定支援システムの基礎である.よって,この人工社会は,現実の市場とある程度同じような振舞をする必要がある.

よって,シミュレーション実験では,人工市場が現実の市場における特徴的な挙動に関して同じ振舞をするか検証する.

4.1 シミュレーション実験

この人工市場と現実の市場の結果を比較するにあたり,現実の市場の価格分布[1]に着目し,どの程度,現実の市場を再現できているかを検証する.また,シミュレーション実験において,複数回の実行で同じ特徴が常に観測された.そのため,その時系列で変化する特徴を調査するため 1 回の実行結果を時系列に沿って分析する.実験ではモデルを合計 3000 ステップ実行する.

4.2 シミュレーション結果

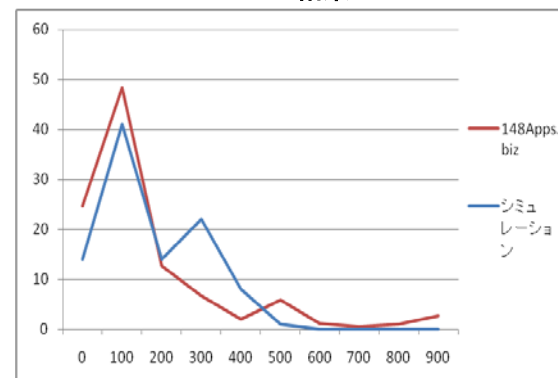


図 1: 148Apps.biz で調査された価格分布[1]とモデルでの価格分布(1400 ステップ目)

図 1 は,148Apps.biz により調査された App 市場の価格分布[1]と,シミュレーションを実行した,1400 ステップ目の結果である.

現実の市場の価格分布とモデルの 1400 ステップ目の結果がある特徴において近似している.その特徴とは,価格に対する AD 数の分布に,2 つのピークが存在している点である.

また,2 つのピークが現れた時点は,ほかにも複数存在していた.ここでは,際立って大きな変化が見られた 1400 ステップ目の結果に焦点を置く.この特徴は,多言語間の口コミにおけるニーズの変化と,それに対応する AD の戦略変化により誘発されていると思われる.次章でこのピークの形成について分析,考察を行う.

5 分析と考察

結果として,このモデルは,あるステップの範囲で現実の市場の価格分布の振舞いを再現できていると思われる.そこで,シミュレーションの詳細を分析する.

では,この特徴的な 2 つのピークは,なぜ現れるのであろうか.それは,動的なユーザのニーズが関係していると思われる.図 2 は,各ステップでの各ユーザ持つ興味の平均を表した図である.各 App_type に対して,縦軸が興味の大きさ,横軸は時間(ステップ数)を表す.ここで注目すべき点は,図 2 の App_type の 0,1,5 への興味の大きさが大きい点である.これは,ある言語コミュニティの特徴が,口コミの伝播によって,ほぼすべてのコミュニティに影響を及ぼしたためと思われる.つまり,ある言語コミュニティが流行を作ったと解釈できる.

図 3 は,価格 300 円を採用する AD の数を各興味毎にグラフに表した図である.また,図 4 についても同じく価格 100 円を採用する AD の数を表したグラフである.この 2 つのグラフを比較するうえで注目すべき点は,価格 300 円を採用している AD が流行に乗った App_type を選択しているのに対し,価格 100 円を採用す

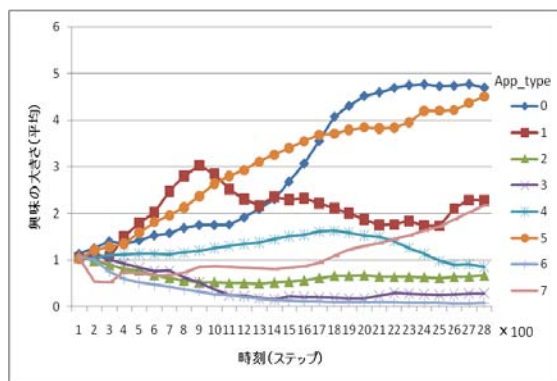


図 2: 各ステップでの各ユーザ持つ
興味の平均

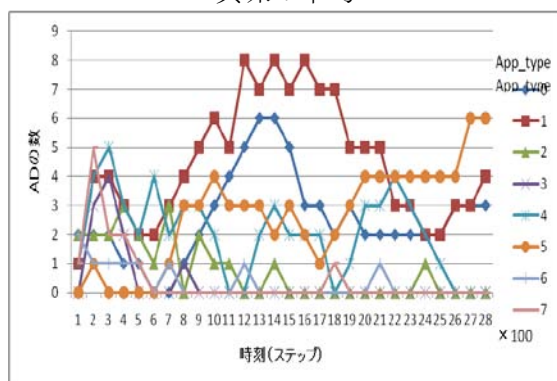


図 3: 各 App_type に対する
価格 300 円を採用する AD の数

る AD は、興味大きさが 1 以下の App_type を好んで選択している点がかうかえる。ここで、図 4 を確認する。図 4 は、各興味と価格に対する期待利益を算出したものである。

まず、価格 300 円を採用する AD の行動であるが、図 4 から、価格 300 円は、興味の大きさ約 2 以上になると利益が出ることが分かる。よって、1400 ステップ時点で平均約 2 以上である興味 App_type の 0, 1, 5 を多くの AD が採用したことが分かる。また、これにより、価格 300 を採用する AD が増加したと予想される。よって、高価格帯のピークは、流行をいち早く察知した高価格戦略を重視する AD により形成されたものであることが分かった。

次に価格 100 円を採用する AD の行動であるが、図 4 から、価格 100 円は、微量ではあるが興味の大きさが約 1 以上から利益が出ることが分かる。また、式(15)から低価格な App ほどユーザが購入する確率は高くなることが分かり、低価格な App ほど数が売れることが分かる。よって、低価格帯のピークは、低価格戦略で大量販売を重視する AD によって形成されたことが分かった。

6 今後の課題

現代の市場に関する特徴を人工市場として再現することができたが、妥当性についてはまだ考察の余地がある。今後、この人工市場をさらに精緻なものにし、現実の AD が実際のヒ

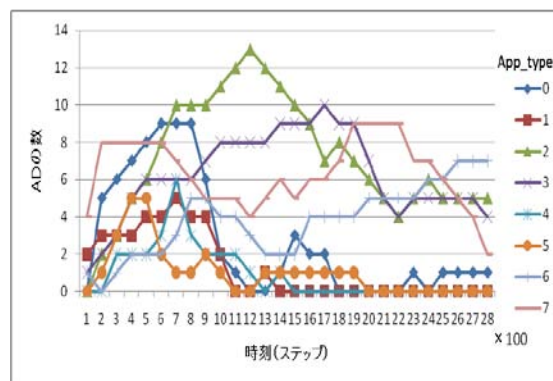


図 5: 各 App_type に対する
価格 100 円を採用する AD の数

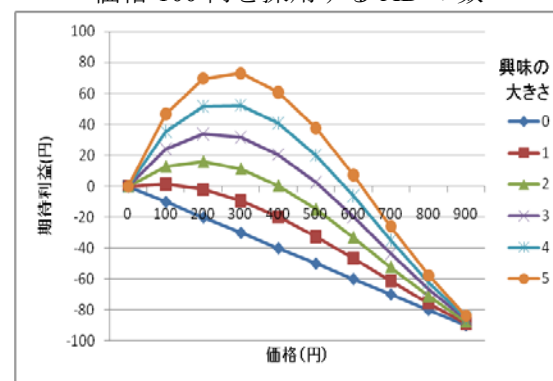


図 4: 各興味と価格に対する期待利益

ューマンエージェントとして、戦略を試行できるような知的意思決定支援システムを構築する。さらに、このようにヒューマンエージェントを実装した場合に、この市場の特徴に対応するような戦略も考えることができる。

また、戦略についても、現在のモデルでの AD は、最適な戦略を探索する戦略淘汰アルゴリズムで戦略を選択している。しかし、AD は常にこのような合理的な戦略を採用するとは限らない。この振舞いを実装するために、いくつかのパターンを持つ戦略を事前に用意し、そこから AD 自身が判断して選択するようなシステムを実装する方法が考えられる。これにより、AD が常に最適解を求めるような合理的行動から、より曖昧な行動をとるようになり、現実の AD の振舞いに近づけることができる。

以上については、続報の予定である。

参考文献

- [1] 148Apps.biz
<http://148apps.biz/app-store-metrics/>
最終アクセス日：2009/10/11
- [2] Talk of the Network: A Complex Systems Look at the Underlying Process of World-of-Mouth, JACOB GOLDENBERG, BARAK LIBAI, EITAN MULLER, Marketing Letters, 12:3, 211-223, 2001