

# 持続可能なサービスコンピューティング基盤設計のための 実験的分析

Experimental analysis for the design of sustainable service computing infrastructure

大塚 竜太郎\*<sup>1</sup> 中島 悠\*<sup>2</sup> 菱山 玲子\*<sup>1</sup>  
Ryutaro Otsuka Yuu Nakajima Reiko Hishiyama

\*<sup>1</sup>早稲田大学大学院創造理工学研究科経営システム工学専攻 Graduate School of Creative Science and Engineering, Waseda University  
\*<sup>2</sup>東邦大学理学部情報科学科 Information Science, Toho University

With the spread of the Internet, service computing including Web services is becoming popular. On the other hand, systems of expense burden, allotment, and rule-making have not been studied. Therefore, in this study, we propose donation and investment games for machine translation service. When we created the games, we used a participatory simulation technique. We hypothesized the users of machine translation service. Then, we investigated and analyzed an expense burden model of sustainable services. As a result, we ascertained that donation games and games in which there is no incentive can only get low returns. We found players who were willing to donate and invest in theory but in practice did not do so. In addition, we found players who tried to increase their own profit if the games had sufficient incentives. Finally, we classified the users' tendencies in sustainable systems under five types. Through knowing the types of users, we obtained knowledge about service computing infrastructure.

## 1. はじめに

Web サービスをはじめとするサービスコンピューティングが普及しつつある。サービスの開発や提供には一定のコストを要するため、サービスの普及・流通を促し、必要なサービスを確保し継続的利用を可能にするためには、その費用負担・分担を促すシステムが不可欠である。しかし、その費用負担・分担に関するシステム設計は検討が進んでおらず、ルール整備も行われていない。また、インターネットの普及に伴い、多言語によるコミュニケーションの機会が増加しており、機械翻訳などの技術が利用されている。そこで、本研究では、言語グリッド[言語グリッド]のサービスコンピューティング環境を例として、サービス利用者間の費用負担に関する模擬実験を行う。これにより、サービスコンピューティングの持続的利用を可能にするための要件と費用分担の在り方を示す。

## 2. 関連研究

Duke は、ゲーミングシミュレーションを「未来の言語(future's language)」と呼び、ステイクホルダがプレイヤーとして参加することで、未来をより良いものにすることができる言語であると定義している[Duke 01]。ゲーミングシミュレーションは多様性と複雑性を扱うためのアプローチとして重要であるが、従来型の数式ベースのモデル構築に伴う論理的、検証的な行為とは異なり、直感的で発見的なものである。

Raymond はオープンソースソフトウェア(OSS)の開発への貢献の構造について、「贈与経済」の視点から交換経済との違いを分析した[Raymond 99]。OSSは複製コストがほぼゼロであり、消費の非競争性と非排他性を備えた公共財的性格を持つが、フリーライドの問題は起こらないことを示す。それに対して、村上らの提唱するボランティアクラウド[村上ら 14]においては、非営利目的に限定して無償で提供しているが、費

用負担は運営・提供者側が行っており、費用負担の問題が発生する可能性がある

シェアウェアは、無償配布され試用できるが、ユーザが利用価値を見出したら、対価を払って利用を継続できるソフトウェアのライセンスである。また、類似の概念として、利用者が開発者に寄付するライセンスはドネーションウェアと呼ばれる。本来、シェアウェアの「シェア」というのは、費用分担のことを示す言葉であるため、利用者に対価を強いない場合がある。このため、宮垣らは、シェアウェアに対する支払いは、ソフトウェア開発の「プロセスを共有する」ことへの参加料であると述べており、従来の市場経済とは異なる、ボランタリーで合理的な経済モデルであるとしている[宮垣ら 98]。

本研究は、費用負担を運営・提供者が行っているようなサービスコンピューティング基盤において、サービス利用者がどのように費用負担・分担に参加するのかを予測し、費用負担・分担の在り方を検討するための知見を得る方法として、ゲーミングシミュレーションを適用したものである。

## 3. 提案

ソフトウェアやWebサービスには、様々なライセンス、課金制度のあり方が存在し、ボランティアでの資源やサービスの提供なされているが、公共性の高いWebサービスが発展する為には、利用者による費用負担・分担によって運営できるような仕組みが必要と考えられる。そこで、本研究では、MAGCruise[中島ら 15]を用いて、参加型シミュレーションによって、サービス利用者を想定した機械翻訳サービスに対する寄付・投資ゲームを提案する。そして、この実験によって獲得したプレイヤーの行動履歴とアンケートを分析することにより、持続的なサービスコンピューティング基盤設計を検討・考察する。

### 3.1 実験のシナリオ

本実験では、被験者に対して次のようなシナリオを説明を行った。機械翻訳サービスが言語グリッドで公共的に提供されている。ライセンス料はなく、無料で使えるようになっている。ただし、サービス維持のためには利用者からの支援が必要で

連絡先: 大塚竜太郎, 早稲田大学創造理工学研究科経営システム工学専攻, 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館15階02号室, 090-5756-1854, amadareisiugatu@ruri.waseda.jp

あるため、寄付を募っている。つまり、支払いを義務としているわけではないが、寄付は歓迎するサービス（あるいは、シェアウェアだが金額を指定していないサービス）である。被験者は、日本語がわからない人に情報を伝える必要があり、伝えられた情報は評価されてボーナスが与えられる。この時、被験者は自分の利益を損なわず、社会的に意義のある活動をしたと思っている。

### 3.2 用語の定義

実験内容を説明する上で必要な用語を定義する。

**ラウンド** プレイヤが行動する各回のこと。  
25ラウンドを1ゲームとする。

**セット** ルールが同一である5ラウンドのこと。  
5ラウンドごとにルールが変更になる。

### 3.3 実験内容とゲームの枠組み

本研究では、5ラウンドを1セットとして、セットごとにルールが異なるゲームを5セット全25ラウンド行った(表1)。被験者は4人1グループになりゲームに参加する。毎ラウンドのはじめに翻訳元文章[菱山ら14]が表示される。被験者にはゲーム内通貨である100トークンが与えられ、寄付あるいは投資する金額を決定する。ラウンドが終了すると、グループ内の各プレイヤに等しく分けられる利用権(リターン)が決定し、利用権と手元に残した金額の和がプレイヤの利益となる。そして、口座、寄付金、利用権がまとめられた表と、翻訳結果が表示される。2ラウンド目以降は、表示された前回の結果を現状把握で確認し、意思決定に反映させていく。ゲームの流れを図1に示した。

表 1: 全5セットの実験の概要

セット	支払額 (トークン)	利用権 (トークン)	支払いがなかった場合のサービスの利用	翻訳結果
1	0 or 100	200	可能	韓国語
2	0~100	200	可能	韓国語
3	0~100	グループ内投資合計額 × 2 ÷ 4	可能	韓国語
4	0~100	グループ内投資合計額 × 2 ÷ 4	機能制限付きで可能	中<英<韓
5	0~100	グループ内投資合計額 × 2 ÷ 4	不可能	日<中<英<韓

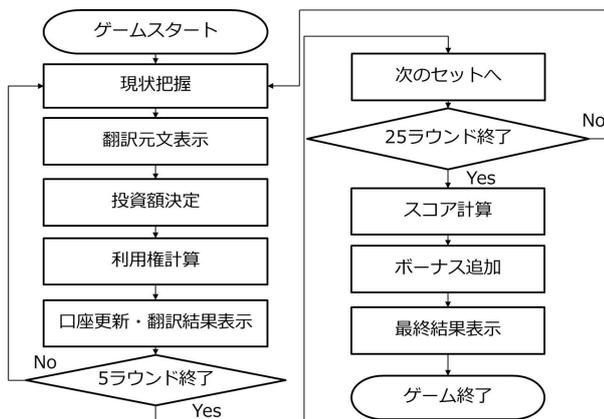


図 1. ゲームの流れ

以下では、セットの説明を行う。セット1, 2は機械翻訳サービスにいくら寄付するかを問う寄付ゲームである。寄付の有無、金額にかかわらず、利用権は常に200トークンが与えら

れる。利益  $u_i$  は、プレイヤ  $i$  が予算である100トークンから、支払った額を  $g_i$  としたとき、以下の式によって与えられる。

$$u_i = 100 - g_i + 200 \quad (1)$$

セット3~5は利用権が変化する投資ゲームであり、Fischbacherら[Fischbacherら01]を参考に公共財ゲームの枠組みを応用して設計した。利益  $u_i$  は、プレイヤ  $i$  が予算である100トークンから、支払った額を  $g_i$  としたとき、以下の式によって与えられる。

$$u_i = 100 - g_i + 0.5 \sum_{j=1}^4 g_j \quad (2)$$

セット4, 5では翻訳先の言語がグループ内投資額の合計に応じて変化する。翻訳先の言語は、グループ内投資額の合計が0以上~200未満のときに中国語、200以上~300未満のときに英語、300以上~400以下のときに韓国語である。ここで、翻訳結果の質に対応するように点数が付与され、最も品質の低い中国語を1点、英語を2点、最も品質の良い韓国語を3点とした。ゲーム終了時に、セット4, 5の翻訳結果の点数の合計からボーナスが決定される。合計が0~5点のときは0トークン、6~10点のときは1000トークン、11~20点のときは、5000トークン、21~30点のときは、10000トークンがボーナスとして与えられる。このとき、セット5では、グループ内で投資がなかった場合に翻訳がされず、翻訳結果は日本語、点数は0点となる。

### 3.4 実験内容とゲームの枠組み

本実験では、32名の被験者を対象に実験を行った。実験は3回にわたって行われたため、被験者はそれぞれ、実験1: 12名、実験2: 12名、実験3: 8名である。グループのメンバーの中に誰がいるかはわからない。各実験では、グループの構成を変えて2ゲーム行ったため、計16グループ分のデータが得られた。実験の手順としては、シナリオとゲームの説明書を配布、説明し、ゲームを行う。ゲーム終了後、被験者にはアンケートに答えてもらった。ここで、このゲームは匿名であり、グループ内に誰がいるかはわからないということが説明された。これは、インターネットを介した寄付・投資を想定しているためである。図2にゲームのインターフェースを示した。



図 2. 実験システムのインターフェース

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 セットごとの全プレイヤーの平均寄付・投資額

それぞれのセットにおける全プレイヤーの寄付・投資行動の平均を次の図3に示す。

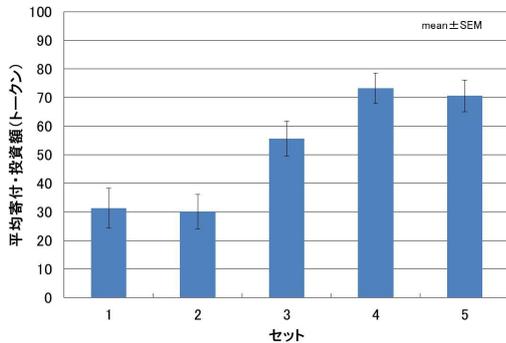


図3. セットごとの全プレイヤーの平均寄付・投資額 (プレイヤー数: 32)

図3から、セット1, 2の組とセット4, 5の組は有意差が認められなかったが、その他の組は互いに平均が異なる ( $p < 0.05$ ). セット1, 2は平均値が40を超えることがない。また、グループ内投資合計額によって利用権が変化するセット3~5の中でも、セット3は平均値が60を超えることがない。セット4, 5に関しては有意差がなかったため、プレイヤーはサービスを利用できないという機能制限には関係なく、ボーナスがある場合に、多くの投資を行うことがわかる。

### 4.2 セットごとの各プレイヤーの平均寄付・投資額

次に、各プレイヤーのセットごとに行った寄付・投資行動の平均額の分布を図4~8に示す。

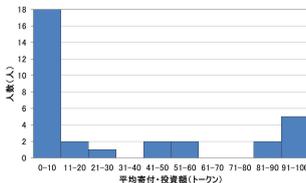


図4. セット1の各プレイヤーの平均寄付・投資行動 (プレイヤー数: 32)

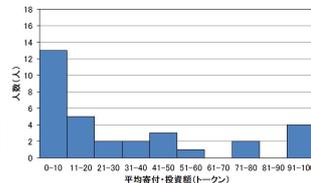


図5. セット2の各プレイヤーの平均寄付・投資行動 (プレイヤー数: 32)

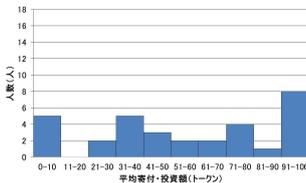


図6. セット3の各プレイヤーの平均寄付・投資行動 (プレイヤー数: 32)

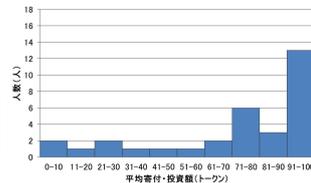


図7. セット4の各プレイヤーの平均寄付・投資行動 (プレイヤー数: 32)

図4~8から、セット1, 2では0-10トークンのプレイヤーが最も多い。一方で、セット1, 2においても、91-100トークンのプレイヤーのように、多くの寄付を行うプレイヤーが存在する。セット3~5では、91-100トークンのプレイヤーが最も多い。また、0-10トークンのプレイヤーのように、投資額が少額である

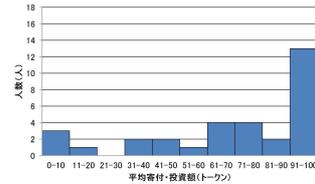


図8. セット5の各プレイヤーの平均寄付・投資行動 (プレイヤー数: 32)

プレイヤーも存在する。このことから、ルールの異なる状況であっても、常に寄付・投資が少額、あるいは多額のプレイヤーがそれぞれ存在することがわかる。

### 4.3 寄付・投資に対する意欲のアンケート結果

図9にゲーム終了後に被験者に対して行った、セットごとの寄付・投資に対する意欲のアンケート調査の結果を示す。このアンケートでは、意欲が低い場合を1、意欲が高い場合を5として、各セットごとに5段階で寄付・投資の意欲を回答して貰った。図9に寄付・投資に対する意欲のアンケート調査の

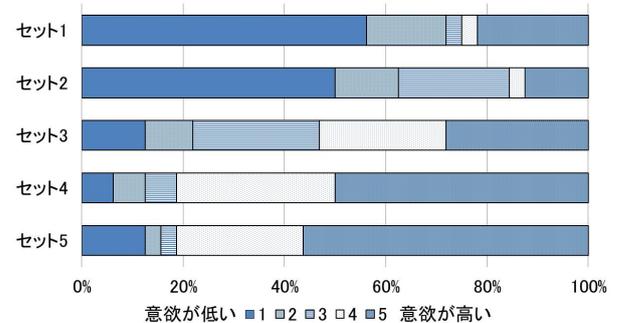


図9. 寄付・投資に対する意欲のアンケート結果

結果を示す。その結果、セット1が最も意欲が低く、セット5が最も意欲が高かった。また、意欲が高いことを示す5を選択した被験者が最も少なかったのはセット2であり、意欲が低いことを示す1を選択した被験者が最も少なかったのはセット4である。

### 4.4 プレイヤの行動とアンケート結果

次に、プレイヤーの実際の寄付・投資行動と、セットごとの寄付・投資に対する意欲のアンケート調査の相関を図10~14に示し、特徴的であったプレイヤーについて見ていく。被験者32名に対して、説明のため、P1~P32と名前をつけた。

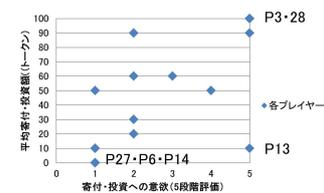


図10. セット1における実際の寄付・投資行動とアンケート結果の相関

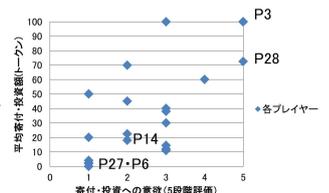


図11. セット2における実際の寄付・投資行動とアンケート結果の相関

まず、全てのセットを通して意欲と寄付・投資額がともに変化しなかったプレイヤーである、P3とP27に関して見ていく。

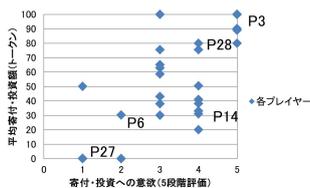


図 12. セット 3 における  
実際の寄付・投資行動と  
アンケート結果の相関

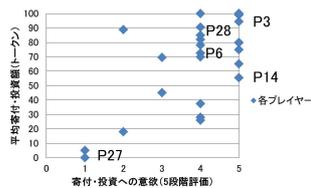


図 13. セット 4 における  
実際の寄付・投資行動と  
アンケート結果の相関

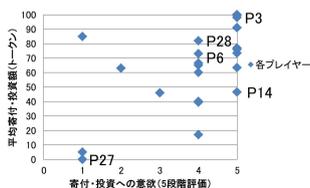


図 14. セット 5 における  
実際の寄付・投資行動と  
アンケート結果の相関

P3 は常に寄付・投資額が 100 トークンである。セット 1, 2 の理由について「翻訳サービスに対して代金を支払おうと思った」セット 3~5 の理由について「全員の利益を最大化しようと思った」と答えている。これは、常に協調的なプレイヤーであると考えられる。P27 は常に寄付・投資額が 0 トークンのプレイヤーである。すべてのセットの理由について「自分の利益を最大化しようと思ったから」と答えている。これは、常に非協調的なプレイヤーであると考えられる。

次にセット 1, 2 では意欲も寄付額も低い、セット 3~5 では意欲も支払った額も増加しているプレイヤーである、P6 について見ていく。P6 はセット 1, 2 に関して「寄付するほどの余裕がないから」と答えている。セット 3 では「みんなが投資しているので、投資した」、セット 4~5 では「ボーナスを貰うために最低限投資した」と回答している。これは、ボーナスのようなインセンティブに応じて、寄付・投資を行うプレイヤーであると考えられる。

P14 は、P6 と同様にセット 1, 2 に対してセット 3~5 のほうが意欲は高いが、実際には投資額が少額のまま推移するプレイヤーである。セット 3 では、意欲が 4 だが、投資額が 31 トークンである。理由について「投資をしないとメンバーも投資しないようになって考えたから」と答えている。これは、寄付・投資への意欲を感じても、少額しか支払わないプレイヤーであると考えられる。

次に、セット 1, 2 のほうが意欲が高く、セット 3~5 のほうが意欲が下がったプレイヤーである P28 に関して見ていく。セット 1 では「投資が倍額になることをお得に感じた」と答えている。セット 2 では、セット 1 よりも低い設定で寄付しているが、意欲に関して「最低でも 100 トークンもらえるから」と答えている。また、セット 3~5 では「最低でも自分の額が倍になるから、なるべく高い額を維持したが、他のプレイヤーがいくら投資するかわからないから採り採りになった」と答えている。このプレイヤーは、確実に利用権が見込めるセット 1, 2 のほうが意欲が高くなったと考えられる。これは、利用権が常に与えられる場合に寄付・投資への意欲が高いプレイヤーであると考えられる。

以上から、プレイヤーを 5 つに分類した。

1. 常に協調的なプレイヤー
2. 常に非協調的なプレイヤー
3. インセンティブを与えると、それに応じて寄付・投資をするプレイヤー
4. 寄付・投資への意欲を感じても、少額しか支払わないプレイヤー
5. 利用権が常に与えられる場合に寄付・投資への意欲が高いプレイヤー

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、サービスを継続的に利用可能にするシステム設計を検討するために、参加型シミュレーションによって機械翻訳サービスに対する寄付・投資の模擬実験を行い、様々なルール下でのプレイヤーの行動を分析するに至った。そこで、ボーナスのようなインセンティブの必要性、そうした枠組みの中でもフリーライドを試みるプレイヤーの存在、意欲があっても実際には少額しか支払わないプレイヤーの存在を示した。また、特徴的なプレイヤーを 5 つに分類した。今回の実験で用いたルールだけでは、サービスコンピューティングを持続可能なものにするには不十分である。今後の課題としては、本実験を発展させ、持続的利用を可能にするような制度設計や意欲があっても少額しか支払わないプレイヤーの支払いを促進させることなどが挙げられる。

謝辞 本研究は、科研費(24220002)の助成により行われたものである。

## 参考文献

- [言語グリッド] 言語グリッド: <http://langrid.org/jp/>, 最終アクセス 2016 年 1 月 27 日アクセス
- [Duke 01] Duke R.: ゲーミングシミュレーション 未来との対話, 株式会社アスキー, 2001.
- [Raymond 99] Raymond, E.: Homesteading the Noosphere, *First Monday*, Vol.3, No.10, 1999.
- [村上ら 14] 村上陽平, 石田亨, 宮田直輝.: ボランティアクラウドにおける市場指向の QoS 割当て, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.2, pp.731-738, 2014.
- [宮垣ら 98] 宮垣元, 佐々木裕一, 金子郁容: シェアウェアもうひとつの経済システム, NTT 出版, 1998.
- [中島ら 15] 中島悠, 菱山玲子, 中口孝雄: MAGCruise: マルチエージェントモデルに基づくゲーミング環境, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J98-D, No.6, pp.853-861, 2015.
- [菱山ら 14] 菱山玲子, 中島悠, 大谷雅之, 林冬恵, 松原繁夫: 知識伝達サービスにおける翻訳支援ボランティアへの動機づけ方略の評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 2014.
- [Fischbacher ら 01] Fischbacher, U., Simon, G., Ernst, F.: Are people conditionally cooperative?: Evidence from a public goods experiment, *Economics Letters*, Vol.71, No.3, pp.397-404, 2001.