

Research Institute

*Discussion Paper Series*

No.26

Title :

「z-Tree unleashed」を使ったオンライン実験環境の構築事例

— Amazon EC2 編 —

Implementation Case Study of an Online Experiment Environment Using  
z-Tree unleashed: The Amazon EC2 Approach

西崎 勝彦 / NISHIZAKI Katsuhiko

ka-nishi@andrew.ac.jp

吉岡 省吾 / YOSHIOKA Shogo

shogo@wiseitservice.com

2025 年 11 月



**桃山学院大学**  
Momoyama Gakuin University

<http://www.andrew.ac.jp/soken/>

# 「z-Tree unleashed」を使ったオンライン実験環境の構築事例\*

## —Amazon EC2 編—

西崎勝彦<sup>† ‡</sup>

吉岡省吾<sup>§</sup>

2025 年 11 月 20 日

### 概要

本稿では z-Tree unleashed (Duch, M. L., Grossmann, M. R., & Lauer, T. (2020). z-Tree unleashed: A novel client-integrating architecture for conducting z-Tree experiments over the Internet. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 28, 100400) を使ったオンライン実験の実施環境の構築事例を紹介する。z-Tree unleashed は z-Tree (Fischbacher, U. (2007). z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments. *Experimental Economics*, 10(2), 171-178) と合わせて Amazon EC2 のクラウド・サーバ上にインストール・保存し、OS として Debian (バージョン 11) を使用した。また、クラウド・サーバの操作には PuTTY を使用し、ファイル転送には WinSCP を使用した。本稿の補遺では PuTTY および WinSCP の使用方法と z-Tree unleashed の使用方法も紹介する。本稿のようなオンライン実験の実施環境は、実験室実験のネットワーク構築にも寄与する。

キーワード：z-Tree unleashed・z-Tree・Amazon EC2・オンライン実験・実験室実験

---

\* 本稿は桃山学院大学総合研究所共同研究プロジェクト (2022-2024) 「実験経済学に関する研究・教育基盤の形成」の研究成果の一部であり、情報提供としてオンライン実験の実施環境の構築事例を紹介するものである。本稿をもとにしたクラウド・サーバの運用は読者自身の責任と判断によって行われるものとし、それに伴う一切の責任を著者および Amazon 社は負わないことを申し添える。また、本稿の作成時期 (2025 年 11 月) と読者が本稿を利用する時期が異なると Amazon 社が提供するサービスやソフトウェアの仕様などが異なる場合があるため注意されたい。

<sup>†</sup> 桃山学院大学経済学部 (所在：〒594-1198 大阪府和泉市まなび野 1 番 1 号、電話：0725-92-6157、メール：kaniishi@andrew.ac.jp)

<sup>‡</sup> 関西大学ソシオネットワーク戦略研究機構 (所在：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号、電話：06-6368-1228、ファックス：06-6330-3304)

<sup>§</sup> ワイズ情報技術サービス株式会社 (所在：〒595-0021 大阪府泉大津市東豊中町 1 丁目 15 番 7-201 号、電話：0725-90-4939、メール：shogo@wiseitservice.com)

## 1. はじめに

Chamberlin (1948) による実験が行われて以降、経済学では分析手法として実験の実施方法について様々な研究<sup>1</sup>が行われて来た。その研究成果は「実験経済学 (Experimental Economics)」という新たな学問分野を切り開き、2002年には経済学者のバーノン・スミスと心理学者のダニエル・カーネマンがノーベル経済学賞を受賞して、学問分野としての確固たる地位を築くに至っている<sup>2</sup>。

経済学における実験の実施方法については現在も研究が行われている<sup>3</sup>。Chamberlin (1948) は授業中に教室で実験を始めたが、その後、実験室として常設の実験の実施環境が整備されるようになり、現在では「実験室実験 (Laboratory Experiment)」が主流となっている。最近では医学分野などで行われているランダム化比較試験 (Randomized Controlled Trial : RCT) を応用し、実験室を出て実社会を“実験室”とした「フィールド実験 (Field Experiment)」<sup>4</sup>が行われたり、インターネットを經由して実験室の外の間人を実験参加者とする「オンライン実験 (Online Experiment)」<sup>5</sup>が行われたりしている。

本稿ではオンライン実験を実施するための環境構築の事例を紹介する。近年、経済学における実験研究では「実験の大規模化」が求められている。つまり、より多くのデータを収集することでより頑健な実験結果が求められる傾向にある<sup>6</sup>。より多くのデータを集めるためには1人の実験参加者により多くの意思決定を行ってもらうことも1つだが、実験の経過に伴って実験参加者の心身の状態も変化することから、長時間の実験の結果には疑問が生じざるを得ない<sup>7</sup>。そのため、より多くの実験参加者を求めるようになったが、実験参加者

---

<sup>1</sup> 経済学における実験の実施方法については Friedman and Sunder (1994) や船木・川越・瀧澤・濱口 (2003)・川越 (2007)・Guala (2005)・Fréchet and Schotter (Eds.) (2015)・Jacquemet and L'Haridon (2018)・Weimann and Brosig-Koch (2019)・Schram and Ule (Eds.) (2020)・Charness et al. (2024)・Duffy (2024)・Krawczyk and Noble (2025)・Imbens and Xu (2025)・Yariv and Snowberg (Eds.) (2025)などを参照されたい (Friedman and Sunder (1994) と Jacquemet and L'Haridon (2018) には川越ほか (1999) と川越 (2024) の日本語訳が公刊されている)。また、実験データの分析手法については Moffatt (2015)などを参照されたい (これについても川越ほか (2018) の日本語訳が公刊されている)。

<sup>2</sup> ノーベル経済学賞の受賞の学術的背景についてはノーベル賞 HP (<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/advanced-economicsciences2002.pdf>) を参照されたい。

<sup>3</sup> 最近の研究動向については Chaudhuri (Ed.) (2021) や Charness and Pingle (Eds.) (2022)・Reuben et al. (2022)・Chuah et al. (Eds.) (2025) に加えて経済セミナー2023年12・2024年1月号の特集 (経済実験のフロンティア)などを参照されたい。

<sup>4</sup> フィールド実験については Harrison and List (2004) や Carpenter et al. (Eds.) (2005) に加えて経済セミナー2015年6・7月号の特集 (世の中を変えよう！フィールド実験入門)などを参照されたい。

<sup>5</sup> オンライン実験については、著者の知る限り、本稿の作成時期 (2025年11月) において代表的な研究成果をまとめた総説論文や書籍は公刊されていない。

<sup>6</sup> 実験結果の頑健性については Camerer et al. (2016) に加えて経済セミナー2022年6・7月号の特集 (経済学と再現性問題)などを参照されたい。実験の大規模化 (サンプルサイズの拡大) については小川ほか (2020)などを参照されたい。

<sup>7</sup> 長時間の実験については、1950年にメルル・フラッドとメルビン・ドレシャーが囚人のジレンマの100回繰り返し実験を実施している (Flood, 1958)。

は主に研究者が所属する大学の学部生を対象に募集が行われるため、実験参加者の人数は参画する研究者の人数や所属する大学の規模に制約される。こうした制約を緩和する対応の1つとしてインターネット上で実験を実施するオンライン実験が考えられよう<sup>8</sup>。

オンライン実験では「インターネット上でどのようにして実験参加者が意思決定を送信し、意思決定した結果を受信するか」という技術的な問題が生じる<sup>9</sup>。経済学における実験室実験では、PCを使った実験の実施ソフトウェアとして「z-Tree (Zurich Toolbox for Ready-made Economic Experiments)」(Fischbacher, 2007) が広く使用されており、z-Treeにもオンライン実験の機能が備わっているが、実験参加者のWindows 端末と実験実施者のWindows 端末を接続するネットワーク設定を実験参加者にさせる必要があることから、z-Tree のみでは実験参加者に技術的な負担が生じる。こうした問題を解決することも含めてオンライン実験の実施ソフトウェアとして「oTree」(Chen et al., 2016) が開発されたが<sup>10</sup>、oTreeはPythonをベースに作られたソフトウェアであり、使用にあたっては実験実施者に別途プログラミングの知識を必要とする。また、oTreeではz-Treeの実験プログラムを使用できないことから、z-Treeを使い慣れた研究者にとっては、実験参加者に技術的な負担が生じることなくz-Treeをそのままオンライン実験で使用できることが望まれよう<sup>11</sup>。こうした要望に応えたのが「z-Tree unleashed」(Duch et al., 2020) である<sup>12</sup>。

z-Tree unleashedはz-Treeの支援ソフトウェアであり、実験室でz-Treeを使って実施していた実験をインターネット上でも実施できるようにするものである。実験を実施する基本的なソフトウェアはz-Treeであることから、z-Treeのこれまでの実験プログラムを使用できるだけでなく、新たな実験プログラムをz-Treeの仕様に沿って記述することもできる。また、実験参加者は実験実施者から送付されたURLにアクセスし、Webブラウザを通して実験室実験と同じようなPC環境で実験に参加できることから、実験参加者に技術的な負担を負わせることもない<sup>13</sup>。新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の蔓延に伴い、実験参加者が他の参加者や実験実施者と接触することなくz-Treeを使用した実験研究を遂行できるということで注目が集まったz-Tree unleashedであるが、実験室実験においてもWi-Fi

---

<sup>8</sup> さらに、オンライン実験であれば、インターネット環境が整備されていればどこでも参加できることから、日本のみならず世界各地の大学生を対象とした実験が実施しやすくなるだけでなく、社会人や高校生など様々な属性を持つ個人を対象とした実験も実施しやすくなる。

<sup>9</sup> また、インターネットを介して実験室の外にいる実験参加者をどのように統制するのも重要な問題である。オンライン実験の実施方法については現在研究が進んでいるところであり、実験室実験とオンライン実験の結果の比較についてはHanaki et al. (2022) やPin and Rotesi (2023)・Braut (2023)などを参照されたい。

<sup>10</sup> oTreeを使った実験については後藤(2024)などを参照されたい。

<sup>11</sup> z-TreeはC++をベースに作られており、oTreeとz-Treeでは使用されているプログラミング言語が異なる。

<sup>12</sup> 「unleashed」は「解き放たれた」を意味し、z-Treeを実験室からインターネット上に「解き放つ」ことをイメージして名付けられた。

<sup>13</sup> VNCクライアントとしてnoVNC (<https://novnc.com/info.html>) を使用しており、標準的なWebブラウザであればタブレットやスマホでも基本的には問題ない。ただし、4.3で述べるように、意思決定の入力形式やレイアウトで注意する必要がある。

環境が整備されていれば実験実施者の端末と実験参加者の端末を接続する物理ネットワークを構築せずとも z-Tree を使用した実験を実施できることから、常設の実験室を利用できない研究者にとっては仮設の実験室で実験を実施する場合にも有用である。本稿は、常設の実験室を設置していない桃山学院大学（大阪）において、z-Tree unleashed を使用して物理ネットワークを構築せずに z-Tree を使用した実験室実験を実施するためのネットワーク環境の構築事例の紹介にもなっている<sup>14</sup>。

これ以降の本稿は以下のように構成されている。第 2 節では z-Tree unleashed の意義とその仕組みについて概説する。本稿で想定するオンライン実験は z-Tree unleashed だけでは実施できず、z-Tree を別途使用する必要があることから、z-Tree と z-Tree unleashed の関係も本節で説明する。第 3 節では z-Tree および z-Tree unleashed をインストールする「Amazon EC2」（以下、EC2）について概説する。EC2 で構築されたオンライン実験の実施環境は第 4 節で説明する。本節および補遺では桃山学院大学におけるオンライン実験環境の構築事例とオンライン実験の実施方法（PuTTY および WinSCP を使用した z-Tree unleashed の操作方法）について説明する。第 5 節ではオンライン実験の実施環境に構築にあたって注意すべき点や情報セキュリティ・負荷への対策について私見を述べる。第 6 節ではオンライン実験が実験経済学の発展にどのように寄与するのか私見も述べて本稿の総括とする。

## 2. z-Tree unleashed の概説

z-Tree unleashed を使用することで、経済学における PC を使った実験で使用される代表的なソフトウェアである z-Tree を、実験室内のネットワーク上だけでなくインターネット上でも実験参加者に技術的な負担を生じさせることなく動かすことができる。使用にあたってのライセンスは MPL (Mozilla Public License) 2.0<sup>15</sup>に従って提供されており、使用者は Duch et al. (2020) を参考文献として引用することで、無料で使用することができる<sup>16</sup>。z-Tree unleashed に関する情報は HP (<https://cler1.gitlab.io/ztree-unleashed-doc/>) で提供されており、そこに動作環境（上記 HP 「Minimum System Requirements」を参照）やイン

---

<sup>14</sup> 常設の実験室は旧帝大のような研究重視の大学では設置が進んでいるが、著者の 1 人が所属する桃山学院大学のよう教育重視の大学では実験ごとに PC 室などに仮設で実験室が設置されることが多い。z-Tree unleashed を使ったオンライン実験では Windows 端末を必要とせず、タブレットやスマホからでも z-Tree を使用した実験に参加できることから、実験室を設置する場所は PC 室に限らず、Wi-Fi 環境が整備されていれば一般的な講義教室でも構わない。ただし、4.3 で述べるように、タブレットやスマホから参加する場合と PC から参加する場合では仕様が異なることから、実験プログラムの作成等にあたっては注意されたい。なお、授業などで手軽にオンライン実験を実施できるシステムとして高知工科大学の林良平氏らが開発した「XEE」(<https://xee.jp/>) もあるが、XEE は授業中に実施する教室実験を念頭に開発され、システムで用意されている実験のみしか実施できないことから研究での使用には不向きであろう。

<sup>15</sup> MPL 2.0 については Mozilla の HP (<https://www.mozilla.org/en-US/MPL/2.0/>) を参照されたい。

<sup>16</sup> z-Tree はライセンスを管理するチューリッヒ大学（スイス）より使用許諾を得る必要があるが、z-Tree unleashed はその必要はない。

ストールの方法（上記 HP 「Installation on a server」を参照）も記載されている。なお、z-Tree unleashed のインターフェイスは日本語に対応していないが、クラウド・サーバ内で動作する z-Tree の日本語化には対応している（上記 HP 「Using other languages」を参照）。

z-Tree unleashed は Linux でのみ動作するよう設計されており、特に Debian で動かすことが推奨されている。かつては上記 HP に仮想マシンのイメージが提供されており、別途仮想マシンのソフトウェアをインストールすることで Windows や MacOS の端末でもサーバとして動かすことができたが、2023 年 6 月以降はイメージの提供が中止されている<sup>17</sup>。

## 2.1. z-Tree unleashed の意義

z-Tree unleashed を使用することで、実験実施者・実験参加者ともに過度な技術的な負担を強いられることなく z-Tree をインターネット上でも動かすことができるようになる。そのポイントとして以下の 3 点が挙げられよう。

- ① 実験実施者は使い慣れた z-Tree を引き続き使用できる。
- ② 実験参加者は使い慣れた Web ブラウザで実験に参加できる。
- ③ 実験室実験においては新たにネットワークを整備する必要がない。

その他のオンライン実験の実施ソフトウェアとして oTree が挙げられるが、これは Python をベースに作られたソフトウェアであり、使用にあたっては実験実施者に別途プログラミングの知識を必要とする。また、oTree では z-Tree の実験プログラムが使用できないことから、過去の実験の追試や過去の実験をもとにした新たな実験を実施するにあたっては、新たにプログラムを作成したりソフトウェアの環境を設定したりする必要がある。z-Tree unleashed を使用することで、こうした実験実施者にとっての技術的な負担が回避されよう。

z-Tree にもオンライン実験の機能が備わっているが、実験参加者の端末と実験実施者の端末を接続するネットワーク設定を実験参加者にさせる必要がある。また、実験参加者・実験実施者ともに Windows 端末を使用する必要があり、実験参加者への技術的な負担だけでなく端末の使用にも制約がある。z-Tree unleashed はこれらの問題を Web ブラウザを通して映像配信および意思決定を入力送信させることで解決し、実験参加者が使い慣れたネットワーク環境でオンライン実験に参加できるようにした。

経済学における実験研究は現在も実験室実験が主流だが、常設の実験室の設置には多額の金銭的負担と端末同士を接続するネットワークを構築するための専門的な知識と労力を必要とする。z-Tree unleashed は、Wi-Fi 環境が整備されていれば新たにネットワークを構

---

<sup>17</sup> Windows や MacOS の端末をサーバとする場合、その端末を接続する LAN のセキュリティ設定に影響されて、端末を起動する場所によってはインターネットを経由してサーバにアクセスできないことがある。こうした問題を解決するには、第 4 節で説明するように、クラウド・サーバに z-Tree unleashed をインストールし、Windows や MacOS の端末の端末からクラウド・サーバにリモート・アクセスすることが推奨されよう。

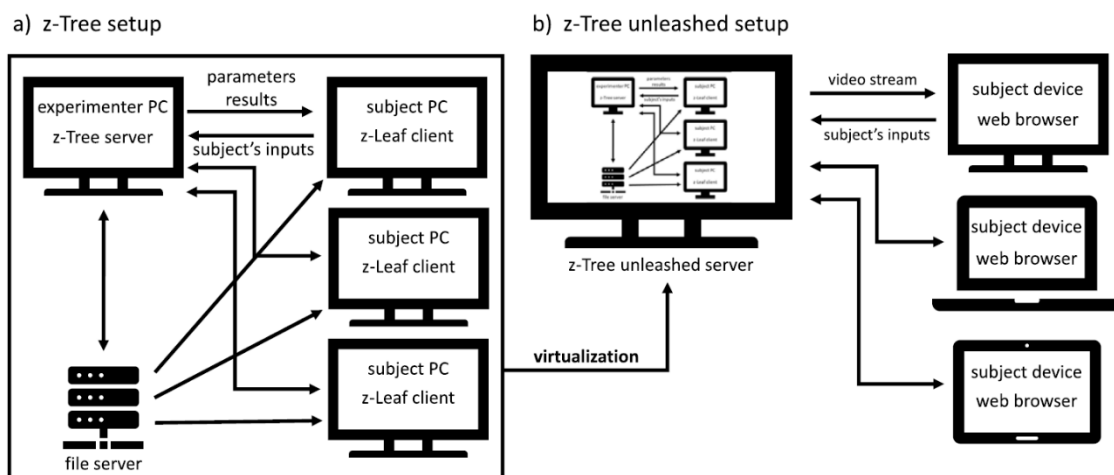


図 1 a) z-Tree を使った LAN 上での実験と b) z-Tree unleashed を使った WAN 上での実験のイメージ (Duch et al., 2020)

築する必要がないため、実験室を設置するための金銭的負担とネットワークを構築するための労力を軽減する。こうしたメリットによって実験室を仮設しやすくなり、さらに実験研究が進展することも期待されよう。

## 2.2. z-Tree unleashed の仕組み

経済学における PC を使った実験において広く使用されて来た z-Tree は、基本的には PC (実験実施者 PC) とクライアント PC (実験参加者 PC) を有線・無線で接続したローカル・エリア・ネットワーク (LAN) 上で操作される (図 1 a))。z-Tree はインターネットを経由して接続する広域ネットワーク (WAN) 上でも操作することができるが、WAN 上で使用するためにはクライアント PC にサーバ PC の位置 (IP アドレス) を認識させる必要があり、実験実施者と実験参加者が異なる場所に位置するリモート環境下で、実験参加者にサーバ PC の位置を認識させるのは一般的には非常に困難であろう。この困難を乗り越えさせるのが z-Tree unleashed であり、実験参加者は実験実施者から送られる URL にアクセスすることで、Web ブラウザを通してクライアント PC を操作することができる。厳密には、サーバ PC 内に仮想的に構築されたネットワーク上で実験実施者 PC と実験参加者 PC を接続し、その実験参加者 PC の画面をリアルタイムで実験参加者に配信し、さらに Web ブラウザ上での操作で実験参加者 PC に意思決定を入力することで、WAN 上でサーバ PC とクライアント PC を接続しているような状況を作り出す (図 1 b))。

Duch et al. (2020) は z-Tree unleashed を Debian で使用することを推奨している。また、必要最低限の動作環境として 2 コア以上の CPU と 3GB 以上のメモリーを要求しているが、経済学で行われる一般的な実験では、4 コア以上の CPU と 8GB 以上のメモリーでなければ実験参加者 PC の画面配信や意思決定の入力に遅延が生じて実験の進行に問題が生じる

可能性が高い<sup>18</sup>。

### 3. EC2 の概説

EC2 は Amazon 社（米国）が提供する Amazon Web Services（AWS）の 1 つで、クラウド上の仮想サーバにインターネットを経由してアクセスし、サーバ内のコンピューター機能を利用するクラウド・コンピューティング・サービスである<sup>19</sup>。EC2 ではプロセッサやストレージなどのハードウェアや OSなどを自由に選択して PC 環境をクラウド上に構築することができる<sup>20</sup>。EC2 は使用状況に応じて柔軟に構成を変更することができ、構成やサーバの稼働状況に応じて料金<sup>21</sup>も異なることから、実験の実施状況に応じて使用状況を変更すればコスト削減にも繋がるが、変更するにはハードウェアやネットワークに関する一定程度の専門知識が必要である<sup>22</sup>。

### 4. オンライン実験環境の構築

以下では z-Tree unleashed を使ったオンライン実験環境の具体的な構築事例を紹介する<sup>23</sup>。本稿では EC2 を使って実験環境を構築しており、OS は z-Tree unleashed で推奨されている Debian（バージョン 11）を使用している。構築した実験環境は桃山学院大学において研究・教育で運用されている<sup>24</sup>。

---

<sup>18</sup> 2 人 1 組の公共財供給実験で実験参加者数は 24 名程度を想定して検証した。z-Tree unleashed の動作環境については Duch et al. (2020) または z-Tree unleashed の HP にある「Minimum System Requirements」(<https://cler1.gitlab.io/ztree-unleashed-doc/docs/system-requirements/>) を参照されたい。

<sup>19</sup> 同様のサービスが Google Cloud Platform（GCP）や Oracle Cloud Infrastructure（OCI）などで提供されており、これらでも本稿と同じような実験の実施環境を構築することができるが、それぞれで操作方法やサーバの構築手順が異なることに注意されたい。

<sup>20</sup> より詳しい説明は小笠原（2019）や川畑・菊池・真中（2022）などを参照されたい。最新情報については AWS のユーザーガイド（[https://docs.aws.amazon.com/ja\\_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/concepts.html](https://docs.aws.amazon.com/ja_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/concepts.html)）を参照されたい。

<sup>21</sup> 料金はサーバの稼働時間やストレージの容量、サーバからインターネットに向けた（アウトバウンドの）通信量などによって決定される従量制である。詳しくは EC2 の HP（<https://aws.amazon.com/jp/ec2/pricing/>）を参照されたい。

<sup>22</sup> より扱いやすいクラウド・コンピューティング・サービスとして AWS では「Amazon Lightsail」が提供されている。柔軟性は EC2 より低く、コストはより高くなるが（料金は基本的に月額定額制）、必要な構成をまとめて提供しているため初心者には扱いやすい。西崎（2025）は Amazon Lightsail で z-Tree unleashed を使ったオンライン実験環境の構築事例を紹介している。

<sup>23</sup> 本稿では読者がハードウェアやネットワークに関して一定程度の専門知識を有していることを前提で紹介する。紹介する実験環境は著者の吉岡が構築しており、同じような環境を吉岡が所属するワイズ情報技術サービス株式会社（桃山学院大学の実験研究用のクラウド・サーバの運用委託先）で提供することができる。

<sup>24</sup> 運用状況は実験環境の構築を目的とした桃山学院大学総合研究所共同研究プロジェクト（2022-2024）「実験経済学に関する研究・教育基盤の形成」の代表者である著者の西崎に照会されたい。

#### 4.1. AWS での構成

本稿で紹介するオンライン実験環境は図 2 のような入れ子構造になっている。サーバにはインターネットを経由して Internet Gateway を通り、Security Group で許可された通信のみアクセスできる。Security Group は 2 重構造になっており、Virtual Private Cloud (VPC) に属するものと、インスタンス (Amazon Cloud に構築される仮想サーバ) に属するものの 2 つが存在し、どちらか一方でも許可されていない場合はサーバと通信することができない<sup>25</sup>。本稿で紹介する構築事例では、ポート 22 (SSH) とポート 443 (Https) での通信を許可している。情報セキュリティをより強固にするための方法として、インスタンスを

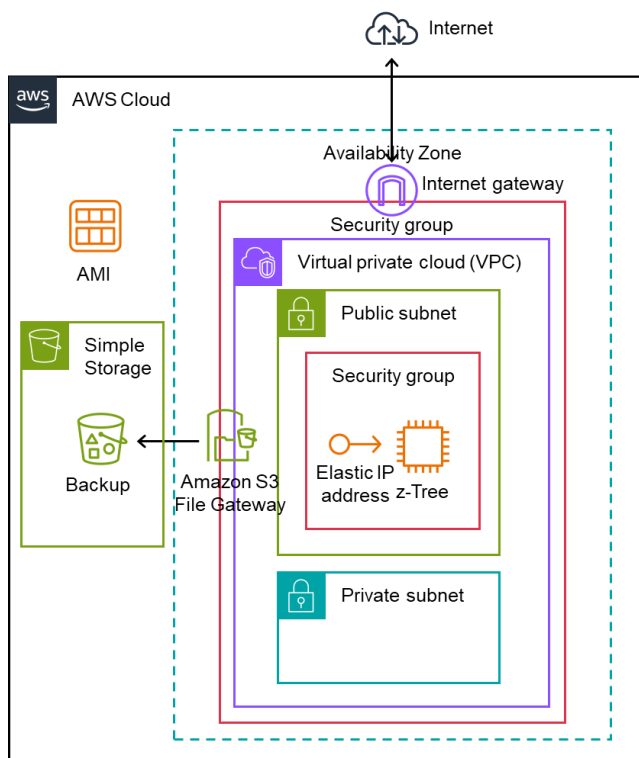


図 2 AWS での構成図

Private Subnet に配置し、Public Subnet にリバース・プロキシを配置することが考えられるが、EC2 の料金が従量制であることから、本稿では一定程度の情報セキュリティは担保しつつ、コストを抑えた構成事例を紹介している (情報セキュリティの強化については第 5 節を参照)。

サーバのバックアップを目的に、ストレージは Amazon S3 を使用している。EC2 の仕様として、インスタンスが VPC によって隔離されていることから、基本的には Amazon EBS をストレージとして使用することになり、Amazon S3 とは初期設定では接続できない。本稿では Amazon S3 File Gateway を通って EC2 から Amazon S3 のストレージにアクセスできるように設定し、復旧用にサーバの設定情報やデータを毎週 Amazon S3 に転送して保管するようにしている。なお、外部への情報漏洩対策として、サーバから外部への通信は Amazon S3 を除いて全て遮断している。

サーバのメンテナンス (セキュリティ・アップデートなど) では、直前に Amazon AMI を取得し、それを Amazon S3 のストレージに保存して、メンテナンスによって動作不良を起こしたとしても復旧できるようにしている<sup>26</sup>。

<sup>25</sup> VPC により仮想的に閉じられたネットワークの区画を構築することで、情報セキュリティにおいてよりセキュアな構成を実現することを意図している。

<sup>26</sup> Amazon AMI はインスタンスのマスタ・イメージと捉えることができる。標準で用意されている AMI に加えてインスタンスのバックアップとしても利用でき、取得した AMI からインスタンスを復元することも可能である。取得した

## 4.2. サーバへのアクセス

EC2 のインスタンスには標準でパブリックな IPv4 アドレスが割り当てられるが、これは動的な IPv4 アドレスであり、サーバをシャットダウンして起動し直すと別の IP アドレスが再度割り当てられることになる。IP アドレスが変更されるとサーバへのアクセスに支障が生じるため、1度割り当てられた IP アドレスが変更されない静的な IPv4 アドレス(Elastic IP) を使用する<sup>27</sup>。

サーバへのアクセスは IP アドレスによって可能であるが、利便性と実験参加者の信頼を得るために、名前解決に桃山学院大学のインターネット向け Domain Name Service (DNS) を使用することで、URL に桃山学院大学のドメインである「andrew.ac.jp」を採用した。サーバは Amazon Cloud 上に構築されていることから、基本的には AWS の名前解決サービスである Amazon Route53 を使用してサーバの名称を管理することになるが、すでに andrew.ac.jp ドメインを管理する DNS サーバが桃山学院大学のサーバ・ルームに設置されているため、その DNS サーバに A レコードを追記することにした<sup>28</sup>。

AWS のユーザーには「root ユーザー」と「IAM ユーザー」の 2 種類がある。root ユーザーは AWS アカウントの所有者で、AWS アカウントに紐づく全てのサービスに管理者権限が与えられている。IAM ユーザーは root ユーザーより管理者権限の一部が与えられ、root ユーザーが管理するサービスの一部を利用することができる。桃山学院大学では、z-Tree unleashed をインストールしているサーバの管理を外部委託し、その外部委託先(著者の吉岡が所属するワイズ情報技術サービス株式会社)から IAM ユーザーとしてではない形でサーバを遠隔操作する許可を得て実験実施者がサーバを使用する形式を取っている<sup>29</sup>。以上を踏まえると、サーバへのアクセスには以下の 3 つの場合が考えられる。

- A) サーバ管理者 (root ユーザー) がサーバを遠隔操作する場合
- B) 実験実施者 (root ユーザーより IAM ユーザーとしてではない形で管理者権限の一部が与えられた者) がサーバを遠隔操作する場合
- C) 実験参加者が Web ブラウザを通してサーバにアクセスする場合

サーバ管理者がサーバを遠隔操作する場合には、EC2 のコンソール画面からサーバを操作することができる。

実験実施者がサーバを遠隔操作する場合には、サーバを遠隔操作するソフトウェア(「補遺 1: PuTTY の使用方法」にある通り、本稿では「PuTTY」を使った操作方法を紹介する)を使ってサーバを操作することになる。その際、サーバとの通信内容を Secure Shell (SSH)

---

AMI は最新のものを除き、8 週間の保管期間を過ぎたものから破棄している

<sup>27</sup> Elastic IP はインスタンスごとではなく AWS のアカウントごとに紐づけられる。詳しくは AWS のユーザーガイド ([https://docs.aws.amazon.com/ja\\_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/elastic-ip-addresses-eip.html](https://docs.aws.amazon.com/ja_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/elastic-ip-addresses-eip.html)) を参照されたい。

<sup>28</sup> DNS サーバの構成によっては外向け(組織外向け)と内向け(組織内向け)で分けている場合があり、その場合は両方に追記する必要があるので注意されたい。

<sup>29</sup> 管理者権限についてはワイズ情報技術サービス株式会社に確認されたい。

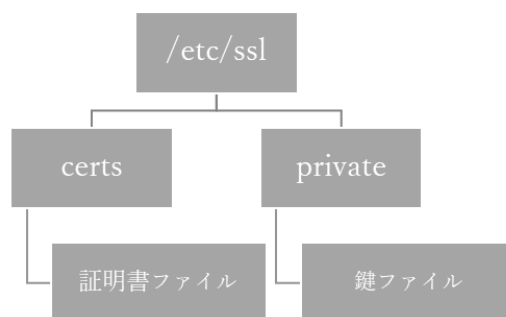


図 3 SSL の証明書および秘密鍵の配置

で暗号化するために、サーバに保存される公開鍵とサーバにアクセスする際に実験実施者が使用する秘密鍵からなるキーペアが必要となるようサーバ管理者の方で設定しておく。キーペアの使用については、AWS ではインスタンス起動時に既存のものを流用するか新規作成するか選択することができる<sup>30</sup>。なお、AWS ではキーペアは作成したときのみダウンロードすることができ、再発行はできない（再発行する場合はサーバを作り直す）仕様になっている。

実験参加者が Web ブラウザを通してサーバにアクセスする場合には、通信内容を暗号化するために Secure Sockets Layer (SSL) を使用する。そのための証明書および秘密鍵は、Debian (バージョン 11) では図 3 のように配置されている<sup>31</sup>。z-Tree unleashed では初期設定でそれぞれのファイルへのパスを指定し、オンライン実験でのサーバと実験参加者の通信を暗号化する（「補遺 4：z-Tree unleashed の初期設定」を参照）。

#### 4.3. z-Tree unleashed のインストールおよび z-Tree の使用方法

本稿で紹介するオンライン実験環境では、実験実施者はクラウド・サーバを遠隔操作するソフトウェアとして「PuTTY」（「補遺 1：PuTTY の使用方法」を参照）を、クラウド・サーバとファイルをやり取りするソフトウェアとして「WinSCP」（「補遺 2：WinSCP の使用方法」を参照）を使用する<sup>32</sup>。これらはクラウド・サーバにアクセスするための代表的なソフトウェアで、一般的なインストール方法および使用法はインターネット上の様々なサイトで紹介されている。また、これらのソフトウェアは無料で使用することができる。

z-Tree unleashed のインストールは、PuTTY を使ってクラウド・サーバにアクセスし、そのコンソール画面に z-Tree unleashed の HP にある「Installation on a server」（<https://cler1.gitlab.io/ztree-unleashed-doc/docs/installation-server/>）に従ってコマンド

<sup>30</sup> 特に理由がなければ新規作成で構わない。EC2 でのキーペアの作成については AWS のユーザーガイド（[https://docs.aws.amazon.com/ja\\_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/create-key-pairs.html](https://docs.aws.amazon.com/ja_jp/AWSEC2/latest/UserGuide/create-key-pairs.html)）を参照されたい。

<sup>31</sup> 秘密鍵にはサーバ管理者のみがアクセスできるように権限を設定するよう注意されたい。

<sup>32</sup> WinSCP は Windows の端末でのみ使用できることに注意されたい。MacOS の端末では z-Tree unleashed の HP にある「Installation on a server」で紹介されている Filezilla（<https://filezilla-project.org/>）を使用すると良い。なお、Filezilla は Windows の端末でも使用できるが、本稿では著者が使用して来た WinSCP での使用方法を紹介する。

を入力して行う<sup>33</sup>。「Installation」(<https://cler1.gitlab.io/ztree-unleashed-doc/docs/installation/>)に Graphical User Interface (GUI) で z-Tree を操作するためのコマンドが記載されているが、GUI は CPU やメモリーを多く消費し、それが AWS の料金に反映されることから、本稿で紹介するオンライン実験環境では Character User Interface (CUI) で z-Tree unleashed を操作することを想定している<sup>34</sup>。その後、z-Tree unleashed の初期設定を行い(「補遺 4 : z-Tree unleashed の初期設定」を参照)、WinSCP を使って「/share/zTree」フォルダに z-Tree と z-Leaf の exe ファイルを、「/share/scratch」フォルダに z-Tree の実験プログラムを記述した ztt ファイル(トリートメント・ファイル)を保存することで z-Tree をオンラインで使用する準備が整う。

z-Tree をオンラインで使用するには、まず PuTTY を使ってクラウド・サーバにアクセスして z-Tree unleashed のインストールの際に設定したユーザー名とパスワードでログインし、コンソール画面で「scripts」フォルダに移動してから「start\_session\_simple.sh」で z-Tree unleashed を起動して、実験参加者の人数(最大 95 名)などをガイダンスに従って入力する(「補遺 5 : z-Tree の起動と終了」を参照)。その後、「client0」として実験実施者の z-Tree の URL と client1 以降で実験参加者の z-Leaf の URL が出力され、それらの URL からクラウド・サーバにアクセスすることで通常の z-Tree・z-Leaf のような操作が可能になる。実験を終了する場合は、PuTTY のコンソール画面で「scripts」フォルダに移動した状態で「./kill\_all.sh」で z-Tree unleashed を終了させる。その際、実験結果のファイル(z-Tree で出力される実験結果が入力された csv ファイル)が z-Tree unleashed によって名付けられて「/share/scratch」フォルダに出力されることが案内され、そのフォルダから WinSCP を使って実験結果のファイルをダウンロードすることができる。z-Tree unleashed および z-Tree の動作に不具合があった場合には、z-Tree unleashed を初期化することで回復する可能性がある(「補遺 6 : z-Tree unleashed の初期化」を参照)<sup>35</sup>。

実験参加者がスマホやタブレットを使用する場合、z-Leaf の画面における数値などの入力欄はタッチ操作に反応しないため(2025 年 2 月 27 日確認)、ラジオボタンなどで選択させる形で意思決定を入力させる必要がある。また、スマホやタブレットの画面では PC の画面より文字が小さく表示される<sup>36</sup>ことから、スマホやタブレットを使用して実験に参加する

---

<sup>33</sup> かつては上記 HP に仮想マシンのイメージが提供されており、これを使用したインストールを試みたが、カーネル・パニックを起こして仮想マシンは起動しなかった。カーネルを対応バージョンに置き換えても状況は変わらず、仮想マシンのイメージを使用することは断念した。インストールの方法については「補遺 3 : z-Tree unleashed のインストールと z-Tree の保存」も参照されたい。

<sup>34</sup> そのため、インストールの際に GUI 用のショートカットなどを配置する処理でエラーが生じるが(「補遺 4 : z-Tree unleashed の初期設定」を参照)、補遺 5-7 に従って CUI で操作すれば問題なく使用できる。なお、GUI で操作する場合にはポート 3389 での通信も許可する。

<sup>35</sup> z-Tree unleashed の主要なスクリプトについては「補遺 7 : z-Tree unleashed のスクリプト一覧」を参照されたい。

<sup>36</sup> z-Tree unleashed をインストールした後で文字の大きさを変更する場合は、「scripts」フォルダで「./settings.sh」と入力して設定機能呼び出すと良い。

可能性がある場合には、事前に z-Leaf の画面を確認しておく必要がある。

## 5. 構築環境の改善

情報セキュリティをより強固にするための方法として、インスタンスを Private Subnet に配置し、Public Subnet にリバース・プロキシを配置することが考えられる。また、CPU やメモリーなどサーバの性能を向上させることで、より実験参加者の人数が多い・より複雑な実験の実施によって生じる高負荷にも対応することができる。ただし、EC2 の料金が従量制であることから、本稿では特に一定程度の情報セキュリティは担保しつつ、コストを抑えた構成事例を紹介している。予算に余裕があれば、以下のような対策も 1 つであろう。

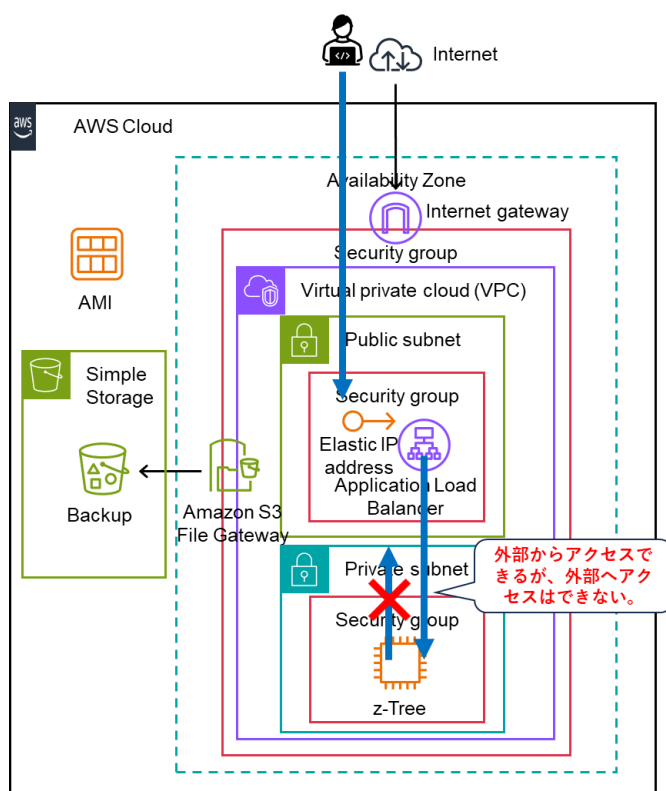


図 4 EC2 での理想的な構成図

図 4 EC2 での理想的な構成図

### 5.1. Private Subnet を活用したよりセキュアな構成

Public Subnet にサーバを配置すると、標準設定ではサーバからインターネットに接続できてしまう。システムの更新や必要なアプリケーションのダウンロードなどを行う場合は便利だが、言い換えれば、外部へサーバの情報を発信することもできてしまう。そのため、より堅牢に設計されている Private Subnet を活用することが望ましい。具体的には、Public Subnet に Application Load Balancer (ALB) を配置し、ALB に静的な IPv4 アドレスを付与する (図 4)。この構成では、ALB は Private subnet に配置されている z-Tree の非暗号化 Web サイトであるポート 80 番を監視するとともに、外部からリクエストがあった通信をリダイレクトする。さらに Web Application Firewall を配置することでより堅牢にすることもできよう。

### 5.2. 垂直スケーリングによる高負荷への対応

「垂直スケーリング」とは、CPU やメモリーなどを変更してサーバの性能を上下させることである。AWS で垂直スケーリングする場合、まずインスタンスのタイプを変更するサ

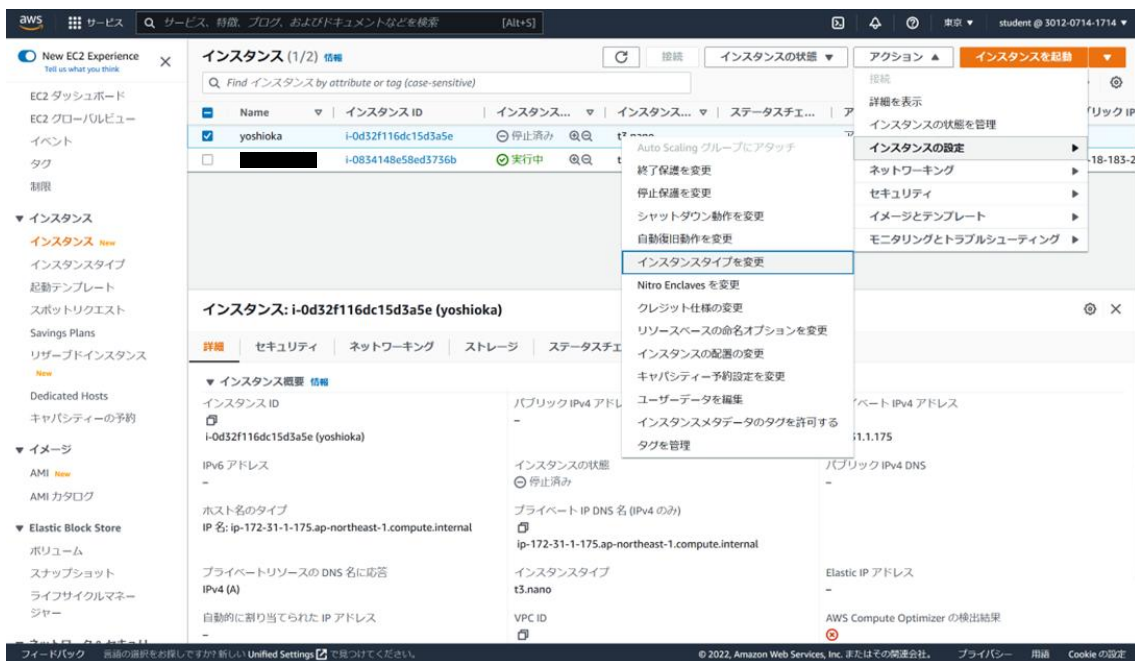


図 5 インスタンスのタイプの変更

サーバを「停止（シャットダウン）」する<sup>37</sup>。操作は AWS コンソールからではなく、PuTTY などの SSH クライアントからサーバにアクセスしてシャットダウン命令で停止させても構わない<sup>38</sup>。サーバを停止させたら、AWS のコンソール画面で「アクション」「インスタンスの設定」「インスタンスタイプを変更」と操作する（図 5）。

## 6. おわりに

新型コロナウイルス感染症の蔓延に伴い、ビデオ通話やビデオ会議・クラウド上での共同作業など、オンラインでやり取りする機器・システムが大きく進歩した。また、Wi-Fi も広がって様々な場所で高速インターネット通信が可能になった。こうした通信環境の変化は経済学での実験をオンライン上で実施するという新たな選択肢を提供している。

また、実験室でのコンピューターを使った実験は、これまで LAN ケーブルやスイッチング・ハブを使った物理的なネットワーク環境の構築を必要としたが、通信環境の変化はそれを Wi-Fi を使った無線ネットワークに置き換え、サーバ PC とクライアント PC の接続を容易にした。さらに言えば、実験参加者であるクライアント側は PC である必要はなく、タブレットやスマホでも実験に参加できるようになった。

こうした実験の実施環境の広がりや技術的な制約の緩和は、これまで以上に様々な実験を可能とする。例えば、国内外の他大学の学生を実験参加者とした実験を実施する場合、こ

<sup>37</sup> 「終了（ターミネート）」はサーバを削除する命令であるため、終了させないよう注意されたい。

<sup>38</sup> SSH クライアントで停止させる場合には、管理者権限で「shutdown -h now」を実行する。

れまでであれば大学等の実験室に実験参加者を集め、実験実施者が現地で実験を進行する必要があったが、オンライン実験が可能になることで実験参加者の募集から実験の進行まで、高速インターネット通信が可能であれば何処でも実験を実施することができる。それによって様々な属性の実験参加者のデータをより簡単に、より多く集めることができるようになる<sup>39</sup>。属性の観点で言えば、高校生や社会人といったこれまで実験参加者になることが少なかった人たちを対象とした実験もより実施しやすくなる。高校生であれば学校のネットワーク環境を利用して実験を実施することもできるし、社会人であれば都心部や主要駅の近くで会議室をレンタルし、仕事帰りの社会人を対象に実験を実施することもできる。これらの実験参加者の地理的な横の広がりや年代の縦の広がりや実験結果の頑健性・普遍性を高め、実験経済学の発展を促すものと考えられる。

#### 【参考文献】

- Braut, B. (2023). Lab versus Online Experiments: Gender Differences. *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*, 23(4), 1155-1162.
- Camerer, C. F., Dreber, A., Forsell, E., Ho, T. H., Huber, J., Johannesson, M., Kirchler, M., Almenberg, J., Altmejd, A., Chan, T., Heikensten, E., Holzmeister, F., Imai, T., Isaksson, S., Nave, G., Pfeiffer, T., Razen, M., & Wu, H. (2016). Evaluating replicability of laboratory experiments in economics. *Science*, 351(6280), 1433-1436.
- Carpenter, J. P., Harrison, G. W., & List, J. A. (Eds.). (2005). *Field Experiments in Economics*. Emerald Group Publishing Limited.
- Chamberlin, E. H. (1948). An experimental imperfect market. *Journal of Political Economy*, 56(2), 95-108.
- Charness, G., Cox, J., Eckel, C., Holt, C., & Jabarian, B. (2024). The virtues of lab experiments (No. 10796). CESifo Working Paper.
- Charness, G., & Pingle, M. (Eds.). (2022). *The Art of Experimental Economics: Twenty Top Papers Reviewed*. Routledge.
- Chaudhuri, A. (Ed.). (2021). *A Research Agenda for Experimental Economics*. Edward Elgar Publishing.
- Chen, D. L., Schonger, M., & Wickens, C. (2016). oTree—An open-source platform for laboratory, online, and field experiments. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 9, 88-97.
- Chuah, S. H., Hoffmann, R., & Neelim, A. (Eds.). (2025). *Elgar Encyclopedia of Behavioural and Experimental Economics*. Edward Elgar Publishing.

---

<sup>39</sup> 脚注9で述べたように、実験実施者と実験参加者が異なる場所に位置するリモート環境下で実験参加者をどのように統制するかは新たな実験手法の開発が望まれる。

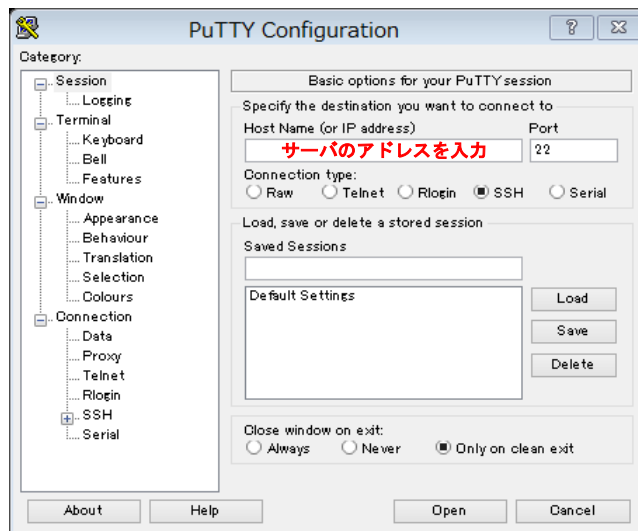
- Duch, M. L., Grossmann, M. R., & Lauer, T. (2020). z-Tree unleashed: A novel client-integrating architecture for conducting z-Tree experiments over the Internet. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 28, 100400.
- Duffy, U. (2024). *Lecture Notes in Experimental Economics*. World Scientific Publishing Company.
- Fischbacher, U. (2007). z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments. *Experimental Economics*, 10(2), 171-178.
- Flood, M. M. (1958). Some experimental games. *Management Science*, 5(1), 5-26.
- Fréchette, G. R., & Schotter, A. (Eds.). (2015). *Handbook of Experimental Economic Methodology*. Oxford University Press.
- Friedman, D., & Sunder, S. (1994). *Experimental Methods: A Primer for Economists*. Cambridge University Press. (川越敏司・内木哲也・森徹・秋永利明 訳『実験経済学の原理と方法』同文館出版, 1999)
- Guala, F. (2005). *The Methodology of Experimental Economics*. Cambridge University Press.
- Hanaki, N., Hoshino, T., Kubota, K., Murtin, F., Ogaki, M., Ohtake, F., & Okuyama, N. (2022). Comparing data gathered in an online and a laboratory experiment using the Trustlab platform (No. 1168). ISER Discussion Paper.
- Harrison, G. W., & List, J. A. (2004). Field experiments. *Journal of Economic Literature*, 42(4), 1009-1055.
- Imbens, G. W., & Xu, Y. (2025). Comparing experimental and nonexperimental methods: What lessons have we learned four decades after LaLonde (1986)?. *Journal of Economic Perspectives*, 39(4), 173-201.
- Jacquemet, N., & l'Haridon, O. (2018). *Experimental Economics: Method and Applications*. Cambridge University Press. (川越敏司 訳『実験経済学－研究と実践の手引き－』朝倉書店, 2024)
- Krawczyk, M. W., & Noble, J. M. (2025). *Advances in Efficient Design of Experiments in Economics*. Cambridge University Press.
- Moffatt, P. (2015). *Experimentals: Econometrics for Experimental Economics*. Palgrave Macmillan. (川越敏司・會田剛史・小川一仁・佐々木俊一郎・長江亮・山根承子 訳『経済学のための実験統計学』勁草書房, 2018)
- Pin, P., & Rotesi, T. (2023). App-based experiments. *Journal of Economic Psychology*, 99, 102666.
- Reuben, E., Li, S. X., Suetens, S., Svorenčík, A., Turocy, T., & Kotsidis, V. (2022). Trends in the publication of experimental economics articles. *Journal of the Economic Science Association*, 8(1-2), 1-15.

- Schram, A., & Ule, A. (Eds.). (2020). *Handbook of Research Methods and Applications in Experimental Economics*. Edward Elgar Publishing.
- Weimann, J., & Brosig-Koch, J. (2019). *Methods in Experimental Economics*. Springer International Publishing.
- Yariv, L., & Snowberg, E. (Eds.). (2025). *Handbook of Experimental Methodology* (Volume 1). North Holland.
- 小笠原種高 (2019) 『Amazon Web Services のしくみと技術がこれ 1 冊でしっかりわかる教科書』技術評論社
- 小川一仁・尾崎祐介・川村哲也・高橋広雅・田口聡志・藤井陽一朗・渡邊直樹 (2020) 「多サイト経済実験はどのようにすれば可能か：被験者の属性情報と認知能力スコア」ソシオネットワーク戦略ディスカッションペーパーシリーズ, 83 号
- 川越敏司 (2007) 『実験経済学』東京大学出版会
- 川畑光平・菊池貴彰・真中俊輝 (2022) 『AWS の基本・仕組み・重要用語が全部わかる教科書』SBクリエイティブ
- 後藤晶 (2024) 『oTree ではじめる社会科学実験入門－Python のインストールから実験の実施まで－』コロナ社
- 西崎勝彦 (2025) 「「z-Tree unleashed」を使ったオンライン実験環境の構築事例－Amazon Lightsail 編－」『桃山学院大学総合研究所紀要』掲載予定
- 船木由喜彦・川越敏司・瀧澤弘和・濱口泰代 (2003) 『実験経済学リファレンス 実験経済学手法の革新とその成果』平成 14 年度内閣府経済社会総合研究所委託調査報告書、経済企画協会

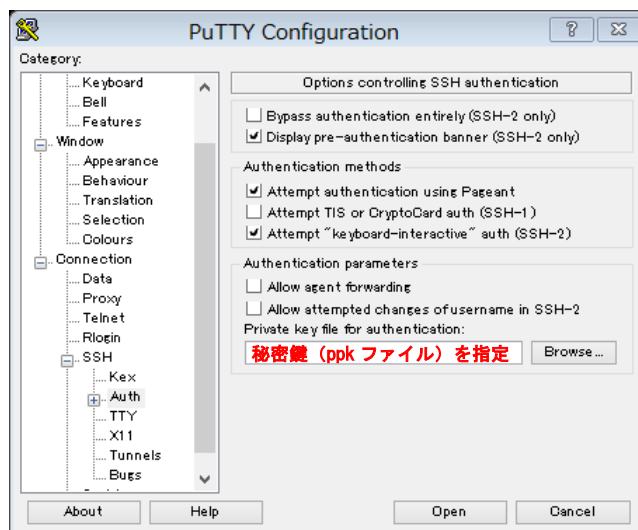
## 【補遺 1 : PuTTY の使用方法】

PuTTY は HP (<https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html>) からダウンロードし、実験実施者がクラウド・サーバを遠隔操作する端末にインストールする。クラウド・サーバへのアクセスにはサーバの情報（アドレス・ログイン ID およびパスワード・秘密鍵）が必要であり、事前にサーバ管理者より入手しておく。

- ① PuTTY を起動し「Host Name (or IP address)」欄にサーバのアドレスを入力する。



- ② 左の「Category」より「Connection -> SSH」と開き、「Auth」（横の「+」ではなく文字）をクリックして、「Private key file for authentication」欄で「Browse...」から秘密鍵を選択する<sup>40</sup>。



<sup>40</sup> 本稿ではバージョン 0.76 に基づいて説明しているが、最新バージョン（0.83）では「Auth -> Credentials」と開き、「Public-key authentication」内に入力欄が変更されているので注意されたい。

- ③ 「Open」をクリックするとコンソール画面が立ち上がり、警告画面が表示される。警告内容に問題なければ「はい (Y)」をクリックする<sup>41</sup>。



- ④ 警告画面が消えたら、コンソール画面でログイン ID およびパスワードを入力して Enter キーを押下する<sup>42</sup>。



<sup>41</sup> この警告は初めてクラウド・サーバにアクセスした際に表示されるもので、アクセスするサーバが信用できるものであるか確認するメッセージであるため、基本的には「はい (Y)」をクリックして問題ない。

<sup>42</sup> パスワードを入力する際、入力したパスワードはコンソール画面に表示されないため注意されたい。

- ⑤ ログインに成功すると以下のようなメッセージが表示される。z-Tree unleashed を操作する場合は「scripts」フォルダに移動して、操作内容に応じてスクリプトを入力する。

```
Linux ip-██████████ 4.19.0-19-cloud-amd64 #1 SMP Debian 4.19.232-1 (2022-03-07)
x86_64

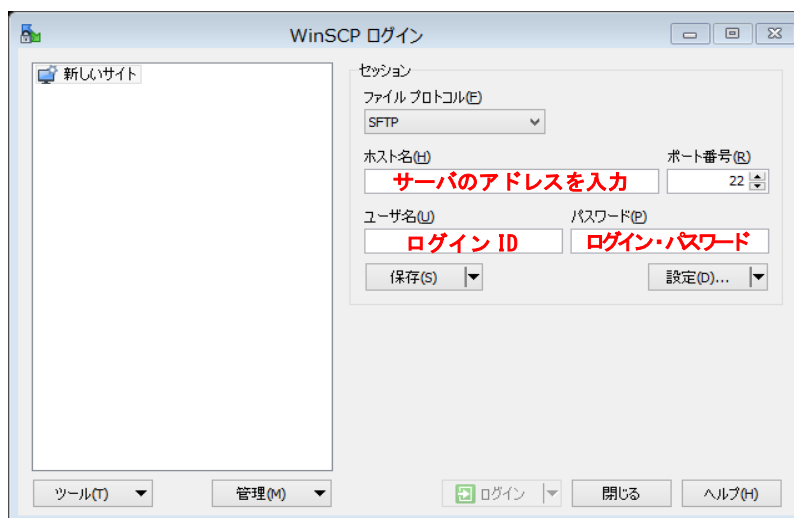
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Thu Jun  9 16:58:34 2022 from ██████████
lab@ip-██████████:~$
```

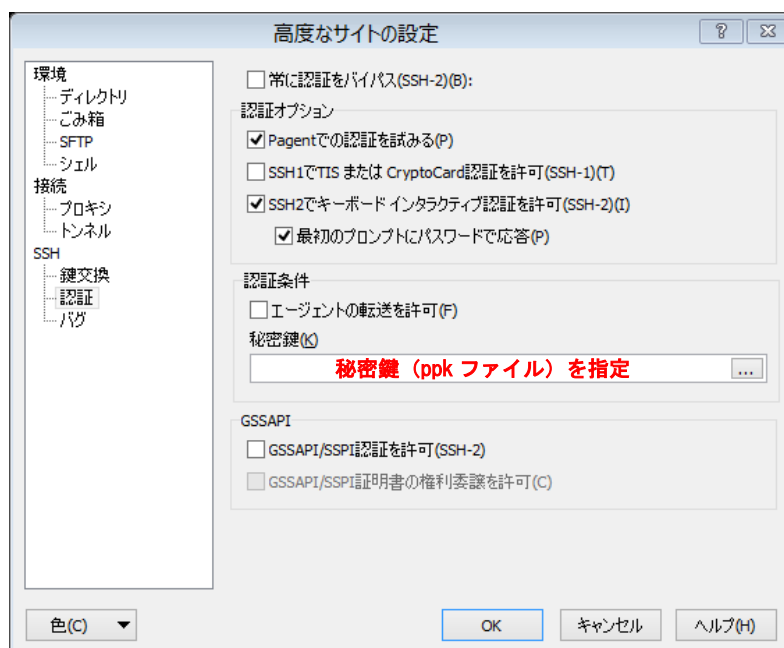
## 【補遺 2 : WinSCP の使用方法】

WinSCP は HP (<https://winscp.net/eng/download.php>) からダウンロードし、実験実施者がクラウド・サーバとファイルをやり取りする Windows 端末にインストールする。PuTTY と同様にクラウド・サーバへのアクセスにはサーバの情報（アドレス・ログイン ID およびパスワード・秘密鍵）が必要であり、事前にサーバ管理者より入手しておく。

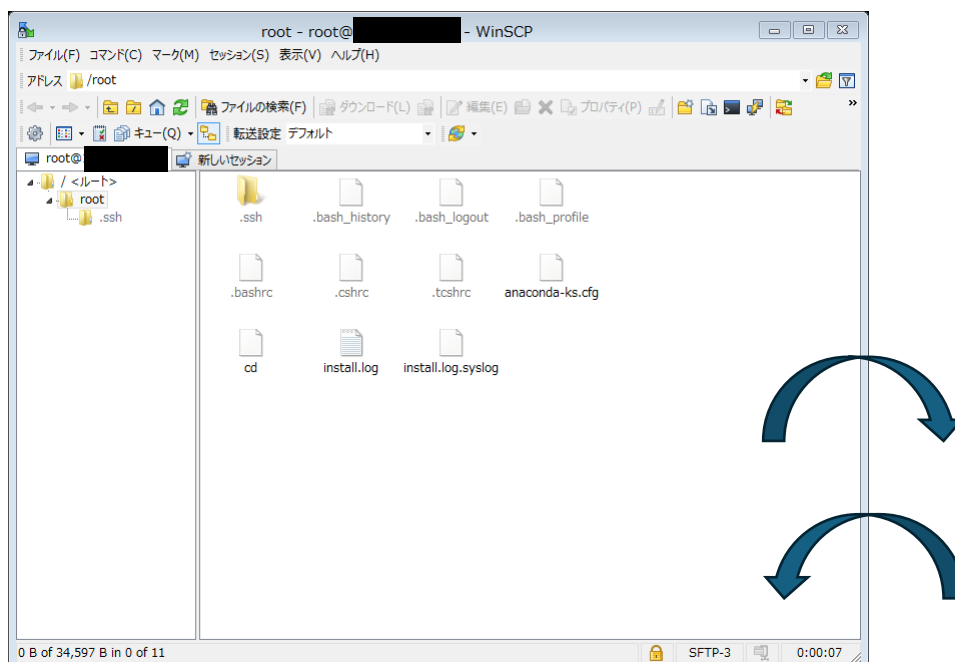
- ① WinSCP を起動し、「ホスト名 (H)」欄にサーバのアドレスを、「ユーザ名 (U)」欄にログイン ID を、「パスワード (P)」欄にログイン・パスワードをそれぞれ入力して「設定 (D)」をクリックする。



- ② 「SSH」の下にある「認証」をクリックし、「認証条件」内の「秘密鍵 (K)」欄で「...」から秘密鍵を選択する。



- ③ 「OK」をクリックして前の画面に戻ったら「ログイン」をクリックすると警告画面が表示される。警告内容に問題なければ「はい (Y)」をクリックする。
- ④ ログインに成功すると以下のような画面が表示される。クラウド・サーバとファイルをやり取りする場合は、Windows のエクスプローラーと同様に、フォルダやファイルをドラッグ&ドロップする。



### 【補遺 3 : z-Tree unleashed のインストールと z-Tree の保存】

z-Tree unleashed のインストールと z-Tree の保存の方法は、z-Tree unleashed の HP にある「Installation on a server」(<https://cler1.gitlab.io/ztree-unleashed-doc/docs/installation-server/>) に掲載されている (2025 年 11 月 13 日著者確認)。また、日本語への対応の方法も z-Tree unleashed の HP にある「Using other languages」内の「Using Japanese」(<https://cler1.gitlab.io/ztree-unleashed-doc/docs/use-japanese/>) に掲載されている (2025 年 11 月 13 日著者確認)。これらの記載に従ってコマンドを入力し、インストールに必要なファイルをインターネットを経由して入手し、サーバに保存して行く<sup>43</sup>。

z-Tree および z-Leaf の exe ファイルは、上記「Installation on a server」の 6 にある通り、「/share/zTree」に保存すると良い<sup>44</sup>。

<sup>43</sup> 「Installation on a server」の 5 にある初期設定は補遺 4 を参照されたい。

<sup>44</sup> 補遺 5 にある通り、z-Tree の起動の際に exe ファイルの保存場所を確認される。保存にあたっては、補遺 2 にある WinSCP や Filezilla などのファイル転送ソフトを使用する。

#### 【補遺 4 : z-Tree unleashed の初期設定】

z-Tree unleashed の初期設定には「init.sh」を使用して以下の通りコマンドを入力する。このとき、scripts フォルダに移動して実行することに注意されたい。

```
lab@ip-██████████:~/scripts$ ./init.sh ←必ず scripts フォルダへ移動してから実行
z-Tree unleashed v1.0
```

Please set a new password for the user 'lab'. You will need to use this password with SSH, FileZilla, the login, etc. You will NOT see anything as you type your password:

```
New password:          ←ユーザ「lab」のパスワードを新たに設定
Retype new password:   ←もう一度同じパスワードを入力
passwd: password updated successfully
```

Which resolution should the virtual screens have?  
Please enter it in the format widthxheight, for example 1280x760 or 800x600. You should always use the smallest plausible value!  
This is usually implied by your existing lab hardware. If you don't know, enter 1024x768.

```
Please enter the desired screen resolution or press
enter to keep the current value (800x600):          ←何も入力せず[Enter]キーを押下
```

Set screen resolution to 800x600.

Which font size should be used in z-Leaf?

```
Please enter the desired font size or press
enter to keep the current value (12):              ←何も入力せず[Enter]キーを押下
```

Set font size to 12.

Please enter the language of z-Tree and z-Leaf.  
Only enter one of the "Command Line Option"s listed in the manual on page 171, e.g. de, suomi or english.

```
Press enter to keep the current value (english).   ←何も入力せず[Enter]キーを押下
```

Set language to english.

Please enter how many users should be started by default.  
(This does not affect the number of clients on this system, which is fixed. It's merely the default for when you start a session. You can change it at any time.)  
If you are unsure, we recommend entering "32".

```
How many users should be started by default? [1-95]
Press enter to keep the current value (10).        ←何も入力せず[Enter]キーを押下
```

Set default number of clients to 10.

Which model do you want to use?

0: This device is both the z-Tree unleashed server and the reverse proxy. This device is (globally) reachable through its IP address, and subjects will directly access this server. Perhaps you are setting up a server in a datacenter.

1: This device is only the z-Tree unleashed server. You use an additional "Thin" server which subjects will use to indirectly connect with this device. Perhaps you are behind a firewall or NAT and you may consider yourself tremendously mobile.

If you don't know, enter 0. If you enter 1, a WireGuard config will be automatically generated in the next step if no config has yet been created.

Please enter the desired model (0 or 1) or press enter to keep the current value (0):

←何も入力せず[Enter]キーを押下

Selected model 0.

What is the host name ("domain name") of the reverse proxy (i.e. this server or the "Thin" server)?

If you are merely testing z-Tree unleashed, you can keep 127.0.0.1 -- but if you truly wish to invite subjects, this will be in the link they are sent. In other words, the reverse proxy must be publicly reachable under this host name.

Please enter the desired host name or press enter to keep the current value (██████████):

←サーバのアドレス (FQDN) を入力して[Enter]キーを押下

Set host name to ██████████.

Finally, two quick questions for nerds. Please specify the paths of the SSL certificate and private key on the reverse proxy. The reverse proxy must be able to find these files -- they are on this device.

If you don't know and you are merely testing, feel free to keep the defaults (a self-signed certificate), but be aware that this creates an ugly warning in your browser. For production use, consider procuring an official X.509 certificate.

Please enter the path of the SSL certificate or press

enter to keep the current value (/etc/ssl/certs/██████████):

↑ SSL 証明書を指定して[Enter]キーを押下

Set path of the SSL certificate to /etc/ssl/certs/██████████.

Please enter the path of the SSL private key or press  
enter to keep the current value (/etc/ssl/private/██████████):

↑ SSL 秘密鍵を指定して[Enter]キーを押下

Set path of the SSL private key to /etc/ssl/private/██████████.

We will now create 95 clients, which is the current maximum for one session, plus a client0 for you, the honorable experimenter. The clients will be called client1, client2, ..., client95. This process might take a few minutes.

Please press enter to continue

User client0 created. User client1 created. User client2 created. User client3 created. User client4 created. User client5 created  
.....  
..... User client90 created. User client91 created.  
User client92 created. User client93 created. User client94 created. User client95 created.

tar: /home/lab/Desktop: Cannot open: No such file or directory  
tar: Error is not recoverable: exiting now ←X 端末をインストールしていないため、エラーが出るが問題はない。

Initialization complete.  
Remember to cite z-Tree unleashed if you use it in your research:

Duch, M. L., Grossmann, M. R. P. and Lauer, T. (2020).  
"z-Tree unleashed: A novel client-integrating architecture for conducting z-Tree experiments over the Internet".  
Journal of Behavioral and Experimental Finance, Volume 28, December 2020, Article 100400.

Thank you,  
Matthias, Max and Thomas

## 【補遺 5 : z-Tree の起動と終了】

z-Tree の起動には「start\_session\_simple.sh」を使用して以下の通りコマンドを入力する。このとき、scripts フォルダに移動して実行することに注意されたい。

```
lab@ip-██████████:~$ cd scripts ←必ず scripts フォルダへ移動してから実行
lab@ip-██████████:~/scripts$ ./start_session_simple.sh
z-Tree unleashed v1.0
Start session

Please select the z-Leaf executable. (The z-Tree
executable will be selected in the next step.)

The following files were found:

    1 /share/zTree/ztree.exe
    2 /share/zTree/zleaf.exe

Please enter your selection [1-2]:
2 ←z-Leaf のプログラムは 2 番なので「2」を入力し[Enter]キーを押下

Please select the z-Tree executable.
The following files were found:

    1 /share/zTree/ztree.exe
    2 /share/zTree/zleaf.exe

Please enter your selection [1-2]:
1 ←z-Tree のプログラムは 1 番なので「1」を入力し[Enter]キーを押下
How many clients do you wish to start?
(Not counting the experimenter's client.)
Press enter for the default (10).
The maximum is 95.
10 ←z-Leaf の数を決定 (最大 95 個)
Session with 10 clients will be started in ...
Press Ctrl+C to abort.

5... 4... 3... 2... 1...
Started client0. Started z-Tree. Waiting for five seconds.
Started client1. Started z-Leaf.
Started client2. Started z-Leaf.
Started client3. Started z-Leaf.
Started client4. Started z-Leaf.
Started client5. Started z-Leaf.
Started client6. Started z-Leaf.
Started client7. Started z-Leaf.
Started client8. Started z-Leaf.
Started client9. Started z-Leaf.
Started client10. Started z-Leaf.
Here are your URLs. Note that the first URL is the
experimenter's URL; DO NOT DISTRIBUTE IT.

https://██████████/D101DAQN/?p=SXK ←1 つ目が z-Tree
https://██████████/MWuXsjn6/?p=CA2 ←2 つ目以降はすべて z-Leaf
https://██████████/v7YlquHD/?p=yoh
```

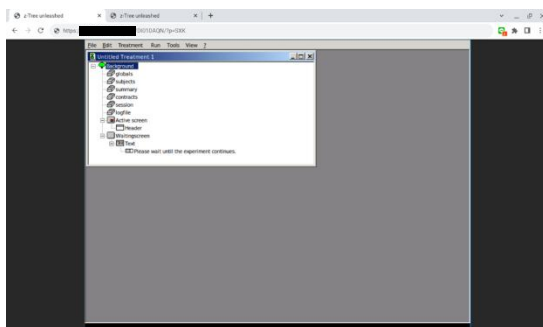
```

https://[redacted]/iQWRICBu/?p=qF7
https://[redacted]/zc1dyDR4/?p=Dem
https://[redacted]/5sKTfnhh/?p=2OV
https://[redacted]/zOHmrrNX/?p=qJi
https://[redacted]/fEfFvfLt/?p=m4q
https://[redacted]/MGghopsi/?p=gTv
https://[redacted]/ESpaZyHe/?p=WSX
https://[redacted]/107shWQD/?p=hiN

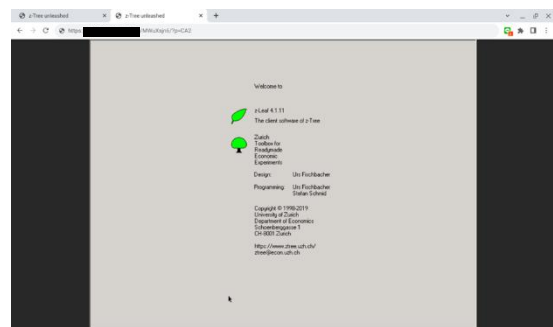
lab@ip-[redacted]:~/scripts$

```

出力された URL のうち、1 つ目で z-Tree の画面が、2 つ目以降で z-Leaf の画面が Web ブラウザ経由で表示される。2 つ目以降の URL はメールなどで実験参加者に個別に配布されることになる<sup>45</sup>。



z-Tree の画面



z-Leaf の画面

z-Tree の終了には「kill\_all.sh」を使用して以下の通りコマンドを入力する。このときも scripts フォルダに移動して実行することに注意されたい。

```

lab@ip-[redacted]:~$ cd scripts ←必ず scripts フォルダへ移動してから実行
lab@ip-[redacted]:~/scripts$ ./kill_all.sh
Do you want to terminate the session? Type YES
if you do, and anything else if you don't.
NOTE: You will lose data if you proceed and if
you have not properly closed z-Tree. Only use
this at the end of a session!

If you want to reuse the URLs given to subjects, use
'Reuse sessionfile'. This session's sessionfile was

/share/scratch/20220607230722/sessionfile

YES ←入力して[Enter]キーを押下
lab@ip-[redacted]:~/scripts$

```

<sup>45</sup> URL の配布にあたっては、実験室実験であれば事前に実験室内の各 PC で z-Leaf の画面を表示させておく（その上でウィンドウを最小化しておく）ことも考えられよう。メールで配布するのであれば、URL を個別に差し込んで一斉送信するツールを別途用意しておくが良い。

## 【補遺 6 : z-Tree unleashed の初期化】

z-Tree unleashed の初期化は①クライアントの削除・②不要ファイルの削除・③初期設定からなる。③初期設定は上記の通りであることから、以下では①クライアントの削除・②不要ファイルの削除について説明する。

- ① z-Tree が終了していることを確認した上で「delete\_users.sh」を使用して以下の通りクライアントを削除する。このときも scripts フォルダに移動して実行することに注意されたい。

```
lab@ip-██████████:~$ cd scripts ←必ず scripts フォルダへ移動してから実行
lab@ip-██████████:~/scripts$ ./delete_users.sh
userdel: client0 mail spool (/var/mail/client0) not found
userdel: client1 mail spool (/var/mail/client1) not found
userdel: client2 mail spool (/var/mail/client2) not found
userdel: client3 mail spool (/var/mail/client3) not found
userdel: client4 mail spool (/var/mail/client4) not found
userdel: client5 mail spool (/var/mail/client5) not found
      .
      .
      .
      .
userdel: client90 mail spool (/var/mail/client90) not found
userdel: client91 mail spool (/var/mail/client91) not found
userdel: client92 mail spool (/var/mail/client92) not found
userdel: client93 mail spool (/var/mail/client93) not found
userdel: client94 mail spool (/var/mail/client94) not found
userdel: client95 mail spool (/var/mail/client95) not found
lab@ip-██████████:~/scripts$
```

- ② z-Tree unleashed をインストールしたときに作成される「/share/install」ファイルが残っている状態では③初期設定ができないため、以下の通り「share/install」ファイルを削除する<sup>46</sup>。

```
lab@ip-██████████:~/scripts$ rm /share/install
lab@ip-██████████:~/scripts$
```

<sup>46</sup> このとき、コマンドを入力しても応答はないがファイルは削除されている。

### 【補遺 7 : z-Tree unleashed のスクリプト一覧】

scripts フォルダ内に保管されているスクリプトの中で、システム基盤を管理する者が知っておく必要のある重要な機能の一部について以下の通り説明する。

スクリプト・ファイル	解説
delete_users.sh	z-Tree,z-Leaf 用のユーザ (client0 ~ client95)を全て削除する。 〔サーバを初期化する場合はこのコマンドを実行後に、init.sh を実行し再セットアップすること〕
init.sh	初期設定を行う。 〔再度設定をやり直す場合は、一度、delete_users.sh を実行し初期化することを推奨する〕
kill_all.sh	z-Tree,z-Leaf を全て終了します。
list_clients.sh	クライアントのリストが表示されます。 client0 ~ client95 までの 96 行が表示されます。
poweroff.sh	サーバの電源を切る。 〔再度起動する場合は AWS を管理している管理者へ連絡〕 〔通常は利用しない〕
settings.sh	画面サイズの設定などをあとからでも変更出来るツール。 サーバの名称を変更した場合はこのスクリプトを実行し、正しいサーバのアドレスを設定する必要がある。
show_urls.sh	接続用の URL リストを表示する。
start_session_simple.sh	z-Tree のセッションを開始します。