慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	中国におけるパソコンを例題とした循環型サプライチェーンゲーム
Sub Title	A closed-loop supply chain game for the personal computer in China
Author	羅, 宏勝(Luo, Hongsheng) 中野, 冠(Nakano, Masaru)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・ マネジメント研究科
Publication year	2009
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2009年度システムデザイン・ マネジメント学 第29号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002009-0048

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文　　2009 年度

中国におけるパソコンを例題とした
循環型サプライチェーンゲーム

羅 宏勝
（学籍番号：80833590）

指導教員　中野 冠

2010 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

論　　文　　要　　旨

学籍番号	80833590	氏　名	羅　宏勝

論　文　題　目：

中国におけるパソコンを例題とした循環型サプライチェーンゲーム

（内容の要旨）

中国の廃棄パソコンの処理で、健康被害,環境汚染,資源浪費，大量の CO2 排出など多くの問題が存在している。こちらの問題を解決するため、中国版家電リサイクル法が 2011 年１月１日から実施される予定である。リサイクル法に基づいて非正規のリサイクル業者は禁止され、正規のリサイクル会社は補助金をもらい、これまで赤字だった経営を黒字化にすることが可能と考えられる。新しいビジネスチャンスをつかみ、今後リサイクル事業に参入する会社が増えていく可能性がある。現状、新しいリサイクル仕組みの啓蒙と普及が必要だが、適切の手段がない。

本研究では、新しくリサイクル事業に参入しようとする者にビジネスの理解を深めるための循環型サプライチェーンゲームを開発する。循環型サプライチェーンゲームを使ってもらうことによって，新しい法律の下で、パソコンリサイクル事業のリスクとビジネスチャンスを理解してもらう。

開発した循環型サプライチェーンゲームは５名の参加者がそれぞれ販売会社、組立会社、部品会社、素材会社、リサイクル会社の役割を演じる。

従来のサプライチェーンゲームと比べると、循環性、リサイクル基金、コスト曲線のシフト機能などを含む工程再構築(changeability)は該当循環型サプライチェーンゲームの特徴である。

循環型サプライチェーンゲームを検証するために、学生によるゲームを行った。循環型サプライチェーンゲームを通して、参加者達はパソコンリサイクルビジネスの仕組み、リスク、チャンスを体験できた。ゲームの改善につながる多くのコメントがあり、改善点が多く残されている。

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	80833590	Name	Hongsheng Luo

Title

A Closed-Loop Supply Chain Game for the Personal Computer in China

Abstract

China has a lot of problems such as health hazard, environmental pollution, waste of natural resources and CO2 emission. In order to solve these problems, the Chinese government will enact the Home Appliance Recycling Law on January 1,2011. Authorized recycling companies are allowed to operate in China and furthermore acquire subsidiaries for improving profitability. On the other hand, unauthorized recycling companies are prohibited from operation in China any more by the law. Therefore, it is expected that the opportunities for recycling business expand and thus the number of new entrants to the business dramatically arise in the future. There is no means of appropriateness though enlightenment and the spread of the new recycling mechanism are necessary.

In this research, the author develops a Closed-Loop Supply Chain Game so that the new entrants can deeply understand the essence of the recycling business with ease. The game helps them to understand the risk and the business opportunity in the personal computer recycling business.

There are five participants performing the role of sales company, assembly company, part company, material company, and recycling company in this game. The proposed game is distinguished from the other existing supply chain game in three aspects; 1) closed-loop, 2) recycling fund, and 3) changeability such as shifting the cost curve.

The game was tested by a group of students and it could provide them with the opportunity to experience the mechanism, the risk, and the potential of the recycling business of personal computers. The author believes that the game can be further improved based on their valuable comments in the future.

目次

第１章　　はじめに 1
１．１．研究背景 1
１．２．従来研究 4
１．３．本研究の目的 6
１．４．論文の構成 7
第２章　　問題定義 8
２．１．中国廃棄パソコンのリサイクルの現状 8
２．２．中国のリサイクル法制度 13
２．３．循環経済への取り組み 16
２．４．ステークホルダー分析 17
第３章　ビジネスゲームについて 20
３．１．ビジネスゲームとは何か 20
３．２．ビジネスゲームの目的 20
３．３．ビジネスゲームの利点 21
第４章　循環型サプライチェーンゲームの設計開発 22
４．１．コンセプト 23
４．２．要求分析 24
４．３．従来サプライチェーンゲームとの比較 25
４．４．全体のモデル 30
４．５．ユーザー 34
４．６．ゲームのフロー 34
４．７．アーキテクチャ 37
４．８．物理設計 38
４．９．データベース設計 39
４．１０．実装 40
４．１１．ゲームのパラメータ分析 44
４．１２．検証 44
第５章　結論課題 49
５．１．結論 49

５．２．今後の課題 50
謝辞 51
References 52
付録１：循環型サプライチェーンゲームの操作マニュアル 55
付録２：循環型サプライチェーンゲームのインストールマニュアル 63

第１章　はじめに

１．１．研究背景

中国は経済の発展に伴って，パソコン需要が高まって，パソコン生産台数も家庭パソコンの所有率も驚くほど増加している。

図１は中国でパソコンの年間生産台数を示している。

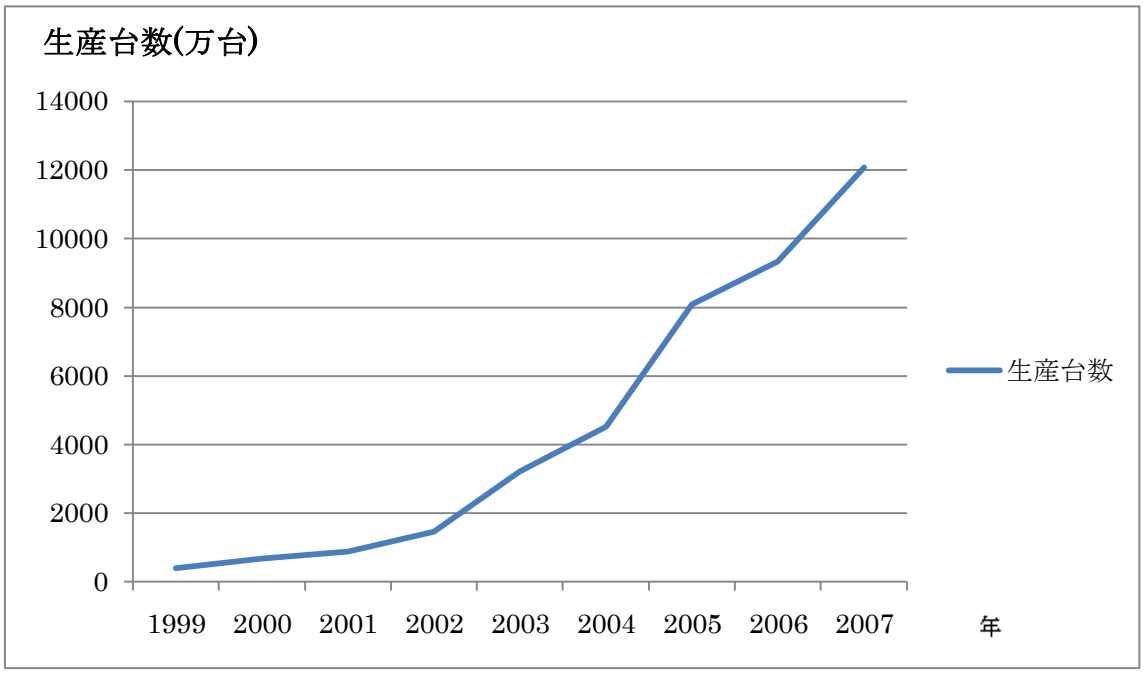


図 1　パソコンの年間生産台数［1］

1999 年パソコンの生産台数は 405 万台だが，2007 年は 1.2 億台に上った。

図 2 は中国で都市の 100 家庭のパソコン所有台数を示している。

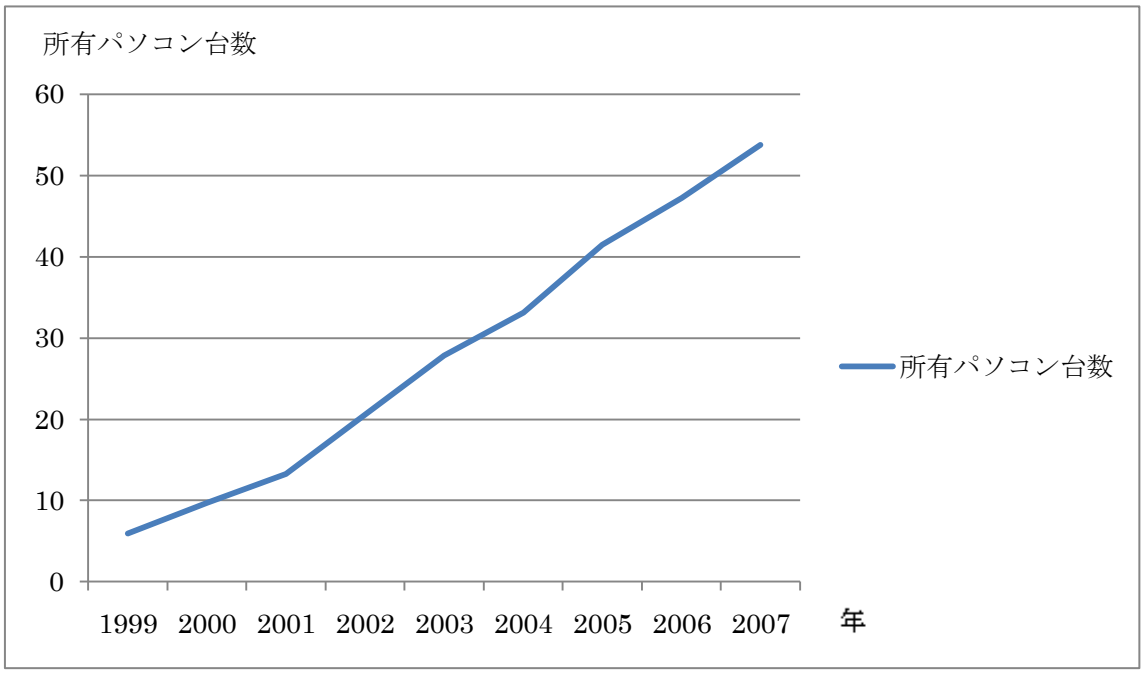


図 2　都市の 100 家庭の所有パソコン台数［1］

都市の家庭パソコンの所有率は 1999 年の 5.91 台/100 家庭から 2007 年の 53.77 台/100 家庭に増えた。

大量パソコン生産，利用の同時に，廃棄パソコンの台数も膨大に増え続ける。Liu[2]は中国で廃棄パソコン台数を予測した。

図 3 は中国で毎年廃棄パソコンの予測台数を示している。

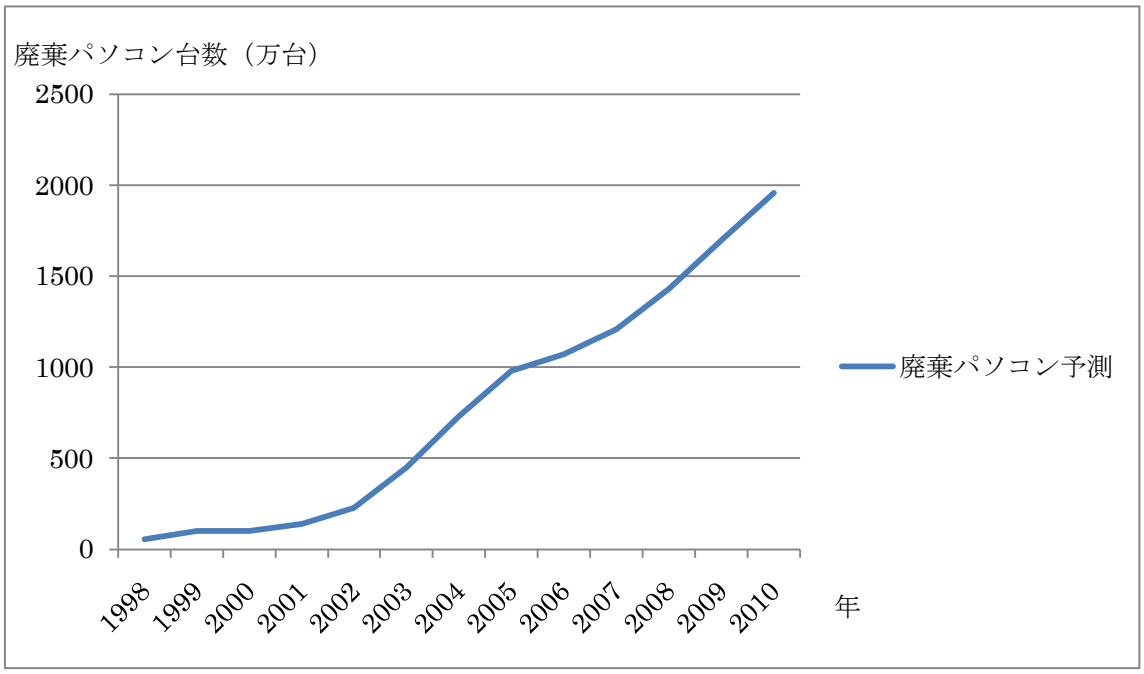


図 3　中国の廃棄パソコン予測　[2]のデータに基づいて作成

2010 年、年間約 2000 万台のパソコンが廃棄になる。

現状廃棄パソコンの流通ルートには大きな問題を抱えている。パソコンメーカ，正規のリサイクル会社によって家庭用廃棄パソコンの回収が少なく，多くの廃棄パソコンが個人回収者に売られて，中古市場に流し，最終的に非正規のリサイクル業者へ流す。非正規のリサイクル工場で，廃棄パソコンが何の予防措置もない手作業で解体され，金属などの回収が行われる。作業に従事する人々の身体や周辺環境に深刻な影響を与えている。

消費者にパソコンを届ければ終わりのフォワードサプライチェーンは不十分である。廃棄パソコンまで考慮する循環型サプライチェーンは環境汚染の減少，健康被害の防止，金属資源再利用に重大な意味を持つ。

しかし、リサイクルコストが高く、循環型サプライチェーンの必須構成要素であるリサイクル会社が事業としては成り立たない。循環型サプライチェーンも崩れてしまう。小柳[3]は中国の家電リサイクル事情をよく調査した上で、次の結論を指摘している。「中国では廃家電でも価値があり、これを回収する場合には有償で買い取らなければならない。すると現状では回収処理事業者はきちんと回収処理すると赤字になってしまい、事業として成り立たなくなる。このこ

とは国家発展改革委員会が補助金を出して実施した過去のモデル事業でも明らかになっている。私も過去にモデル事業を実施した 4 社のうちの 3 社を訪問しヒアリングしたが、皆結論は同じだ」。吉田[4]の調査にも中国の家電リサイクルはまだ利益を上げるビジネスとはなっていないと述べている。現状は正規のリサイクル会社は少なくて、非正規のリサイクル業者は乱立している。

幸いなのは、2009 年 2 月 25 日、中国版家電リサイクル法[5]は公布され、2011 年１月１日から実施することになった。国は廃棄電器電子製品処理基金を設立し、廃棄電器電子製品回収処理費用に補助する。電器電子製品生産者、輸入電器電子製品の受取人あるいは他の代理人は規定に従って廃棄電器電子製品回収処理基金に納金の義務を果たさなければならない。そして、非正規のリサイクル会社を禁止する。正規のリサイクル会社にビジネスチャンスが訪れ、循環型サプライチェーンの実現は可能となる。

１．２．従来研究

石川[6]は次のように循環型サプライチェーンを説明している。循環型サプライチェーンとは、部品の供給から生産・販売・消費に至るフォワードロジスティクスと使用済製品の回収から再生産に至るリバースロジスティクスからなるサプライチェーンである。佐藤[7]は次のようにサプライチェーンと循環型サプライチェーンについて述べている。サプライチェーンは、原材料や部品の調達から製品製造され、市場・小売店に製品を配送し販売され、消費者に製品が供給されるまでフォワードロジスティクスと呼ばれる範囲を対象としている。それに対して、循環型サプライチェーンでは消費者や市場に供給した製品を回収してリユース/リサイクルを行い、再び生産を行うまでのリバースロジスティクスと呼ばれる範囲を含んだサプライチェーンである。島田[8]が循環型サプライチェーンについて、次のように述べている。循環型サプライチェーンとは、従来のフォワードサプライチェーンと、それと物が逆流するリバースサプライチェーンを合わせたサプライチェーンのことである。フォワードサプライチェーンは、通常、単にサプライチェーンとだけ表現され、消費者に流れる新製品の供給連鎖のことを指す。それに対して、リバースサプライチェーンは、消費者が使用を終えた廃棄物の流れである。前者では、原材料を製造する川上から、

製造業者、卸売業者を通して、消費者に商品を販売する川下に物が流れるのに対し、後者では、逆に川下から川上に物が流れるので、リバースサプライチェーンという言い方をしている。両方の物の流れを合わせて、循環型サプライチェーンと呼んでいるのであるが、廃棄物が新製品と全く同じ経路を逆に上っていくわけではないし、廃棄物の一部が新製品にそのまま還元されないことの方が多いということを断っておかなければならない。

循環型サプライチェーンはグリーンサプライチェーンの一部分である。Srivastava[9]は下記のようにグリーンサプライチェーンを定義している。

「integrating environmental thinking into supply-chain management, including product design, material sourcing and selection, manufacturing processes, delivery of the final product to the consumers as well as end-of-life management of the product after its useful life.」

グリーンサプライチェーンとは製品設計，原材料生産・選択，製品生産，製品配送，廃棄製品マネジメントのサプライチェーンの各段階で，環境考慮を行う。

Srivastava はグリーンサプライチェーンの従来研究を図 4 のように分類した。

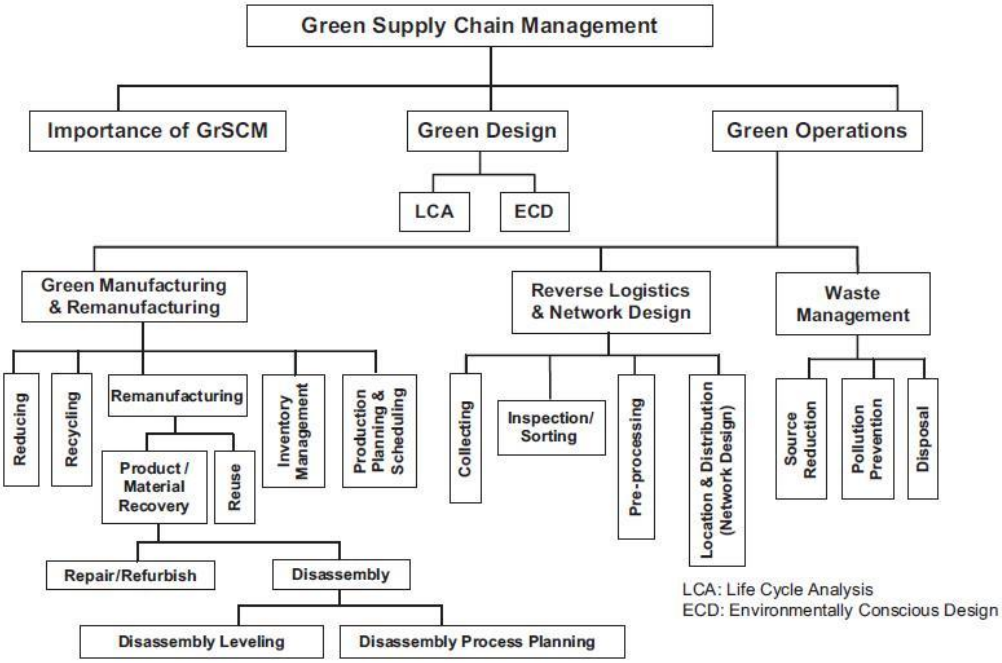


図 4　グリーンサプライチェーン研究の分類 出典: Srivastava [9]

グリーンサプライチェーンについての初期研究はグリーンサプライチェーンの重要性を中心とした。Green Design の研究は ECD (Environmentally Conscious Design) と LCA (Life-cycle Assessment/Analysis) を研究する。「Green Operations」の研究に、「Green manufacturing and remanufacturing」についての研究がとても重要で、多くの研究も行われた。「Reverse logistics and network design」は注目したばかりである。Rogers[10]は Reverse logistics を次のように定義している。

「the process of planning, implementing and controlling the efficient, cost-effective flow of raw materials, in-process inventory, finished goods and related information from the point of consumption to the point of origin for the purpose of recapturing or creating value, or for proper disposal.」

中国の研究者は廃棄電子製品の処理について多くの研究を行った。

Zeng[11]は中国珠江三角州(Zhu Jiang San Jiao Zhou)地域を対象として，廃棄パソコンのリバースロジスティクスモデルの実行は可能だが，運営は赤字になって政府の補助金が必要だと述べている。

Zhou[12]は生産者と消費者が廃棄電子製品のリサイクル費用を負担すべきと指摘している。

Wu[13]は杭州大地環保有限公司という正規のリサイクル会社をケーススタディして、正規のリサイクル会社はリサイクルコストが高く、回収数が少なく、生産能力が余り、収益がマイナスであると指摘している。

１．３．本研究の目的

今まで、中国では国の補助金がなく、法制度も整備されていないため、フォーマルなリサイクル事業者の経営は赤字になって、事業として成り立たない。正規のリサイクル事業に参入する会社が少ない。大量の廃棄パソコンが非正規の回収工場へ流してしまう。結果的に健康被害,環境汚染,資源浪費、大量 CO2 排出など多くの問題を招く。問題を解決するため、中国版家電リサイクル法が作成されて 2011 年１月１日から実施することになった。リサイクル法に基づいて非正規のリサイクル業者は禁止され、正規のリサイクル会社は補助金をもら

って、経営の黒字化が可能となる。新しいビジネスチャンスをつかみ、今後リサイクル事業に参入する会社が増えていく。

従来研究は主に中国のリサイクル現状の分析とリサイクル仕組みの研究を行った。その成果は中国版家電リサイクル法の誕生である。中国版家電リサイクル法の実施によって、新しいリサイクル仕組みを理解してもらうこととリサイクルビジネスを盛んにすることの新しい課題が出た。新しいリサイクル仕組みの啓蒙と普及が必要だが、適切の手段がない。本研究では、新しくリサイクル事業に参入しようとする者にビジネスの理解を深めるための循環型サプライチェーンゲームを開発する。循環型サプライチェーンゲームを使ってもらうことによって，新しい法律の下で、パソコンリサイクル事業のリスクとビジネスチャンスを理解してもらう。

１．４．論文の構成

第１章は研究背景、循環型サプライチェーンの従来研究、本研究の目的を説明する。

第２章は中国廃棄パソコンのリサイクルの現状、リサイクル法制度、循環経済への取り込み、ステークホルダー分析を通して、本研究の問題定義を行う。

第３章はビジネスゲームについて紹介する。

第４章は循環サプライチェーンゲームの設計開発について説明し、ゲームの検証結果を分析する。

第５章は本研究の結論と今後の課題を記述する。

第２章　問題定義

２．１．中国廃棄パソコンのリサイクルの現状

中国で廃棄パソコンをリサイクルする会社は正規のリサイクル会社と非正規のリサイクル業者２つある。正規のリサイクル会社とは国家の法律に基づいて、会社規模が大きく、リサイクル設備、リサイクル技術を持ち、環境考慮、効率なリサイクル活動を行う会社である。正規のリサイクル会社の数が少ない。非正規のリサイク業者とは規模が数人程度でリサイクル設備もリサイクル技術も持たず、手作業で金属などの資源を回収する業者である。数が大きい。非正規のリサイクル業者は安い労働力を使って、手作業、不法投棄などを通して、低コストで金属などの資源を回収し、販売する。ほとんどの廃棄パソコンが最終的に非正規のリサイクル業者に流されている。正規のリサイクル会社は廃棄パソコンをあまり集めず、赤字経営している。

図５は廃棄パソコン流通ルートの日中比較である。

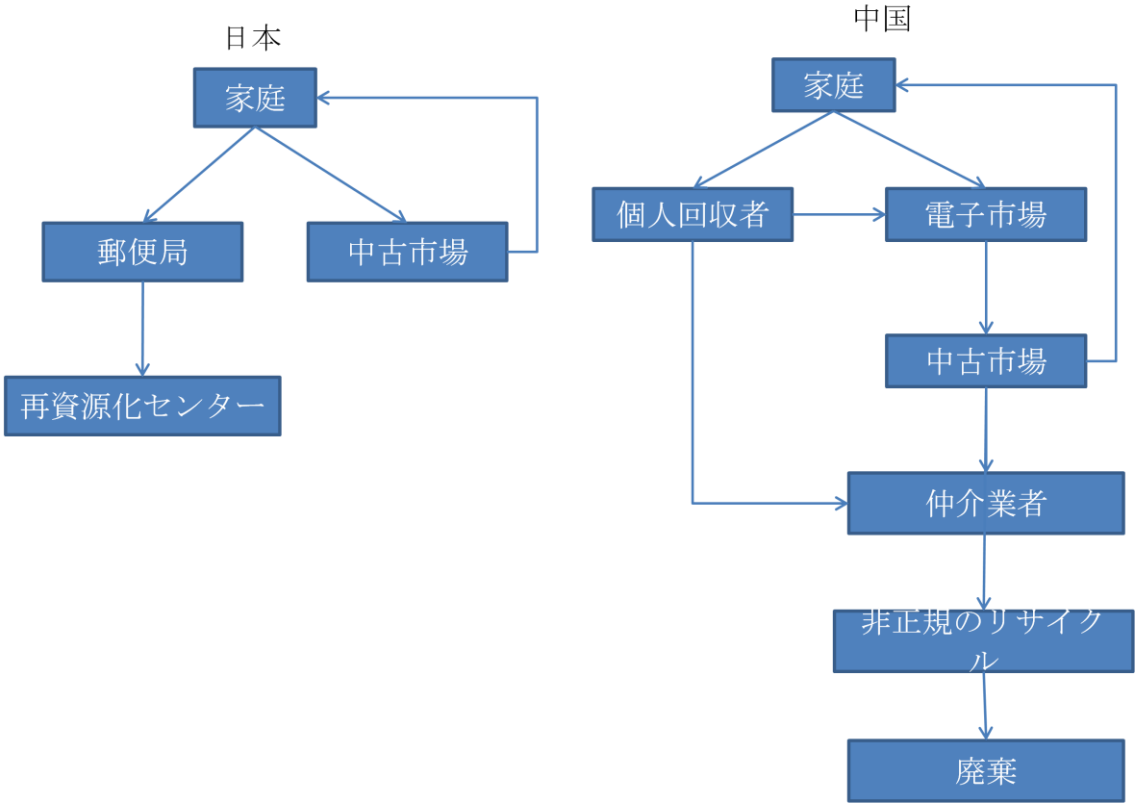


図 5　廃棄パソコン流通ルートの日中比較

日本は 2003 年 10 月 1 日より「資源有効利用促進法」に基づいて、家庭のパソコンを再資源化する PC リサイクルが始まった。PC リサイクル開始以前に購入されたパソコンは、「回収再資源化料金」を払った上で回収された。PC リサイクル開始以後に購入されたパソコンは、メーカーによって回収される[13]。日本と違って、中国では廃棄パソコンは市場価格に基づいて、中古品として売ることができる。

2004 年、東[14]が廃棄パソコンのリサイクルについて調査を行った。本台または部品がまだ使えそうなパソコンであれば、売る時、各部品の市場価格を考慮し、値段が決まられる。個人回収者か電子市場での中古パソコン回収会社に買い取れる場合が多い。なお、個人回収者はまだ売れるパソコンを電子市場に売る。そして、中古パソコン回収会社は廃棄パソコンを回収し、少し改造または修理し、再び中古品として、中古市場を通して、消費者に売る。この繰り返しで、中古品としてもう売れない廃棄パソコンまたは廃棄部品は仲介業者を通して、非正規のリサイクル業者に流す。

東がほとんどの廃棄パソコンが非正規のリサイクル業者に流すことは問題であると指摘している。

2004 年、経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課が日中国際資源循環実態調査を行った[15]。図 6 のように、中国での廃棄パソコンが回収された後に、2 次原料として利用されると述べている。

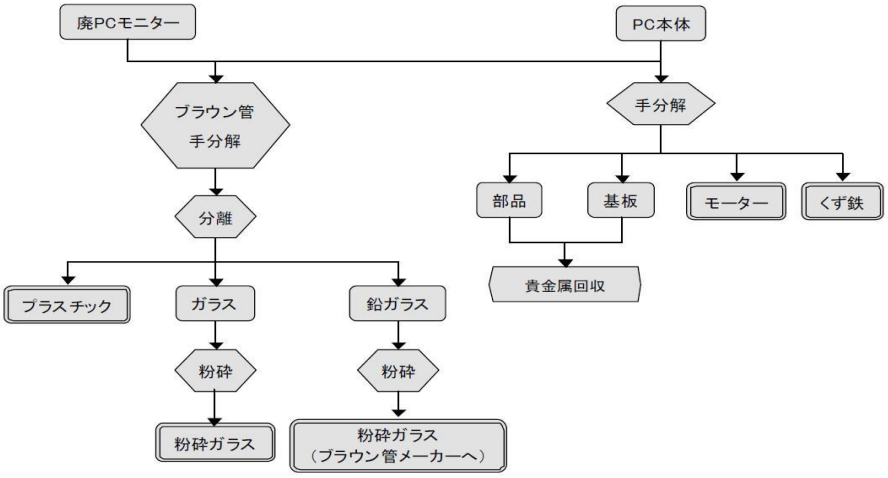


図 6　パソコンの回収利用プロセス [15]

問題なのは、非正規のリサイクル会社が手作業で分解を行うことである。廃棄パソコンの中に、鉛のような危険物質が多く存在している。手作業で行う場合、多くの健康被害、環境汚染、資源浪費が発生している。

2005 年、株式会社ＮＴＴデータ経営研究所[16]は中国での廃棄電子・電気機器のリサイクルについて調査を行った。廃棄電子・電気機器の処理については、主に農村部への流出、解体された部品の再利用、不法投棄の 3 つのルートがあると述べている。

図 7 は 3 つ流通ルートを示している。

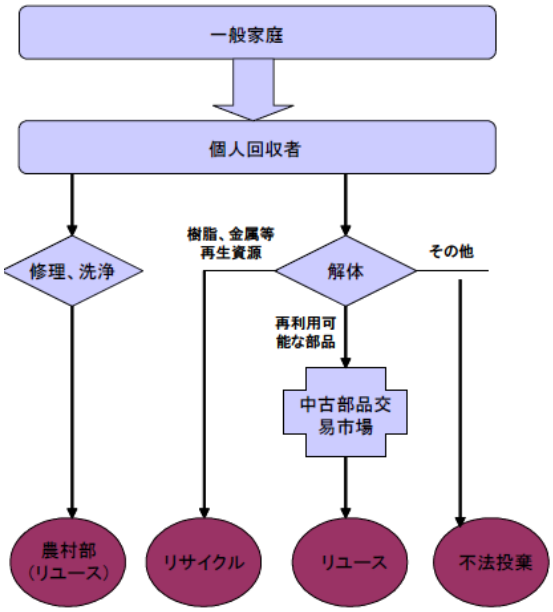


図 7　廃棄電子・電気機器のリサイクル現状 [16]

①　農村部への流出

個人回収者は十～数十元（約 100～1,000 円）の価格で都市部の住民から淘汰された家電を購入し、修理または洗浄を行い、購入価格の 5～8 倍の価格で農村部へ販売。

②　解体された部品の再利用

解体された部品は中古部品交易市場へ回り、再利用される。特に廃棄パソコンの部品再利用量が最も多い。

③　不法投棄

解体された廃棄電子・電気機器は再利用できないもの及び解体不可能なもの

は、不法投棄されている。

問題があるところは解体の部分である。解体の作業はほとんど非正規のリサイクル会社が行う。リサイクル機械も技術もなくて、手作業で金属などの資源の回収を行う。そして、コストを抑えるため、回収できないものを不法投棄する。

Li と Yang[17]は中国の青島市を対象として廃棄電子製品の回収システムの調査を行った。調査対象の電子製品はテレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、パソコンである。調査は座談会、訪問調査、電話調査、郵便調査などの方式を使って、調査時間は 2005 年 8 月から 2006 年 5 月までである。

表 1 は調査のサンプル数の統計データである。

表 1　サンプル数統計

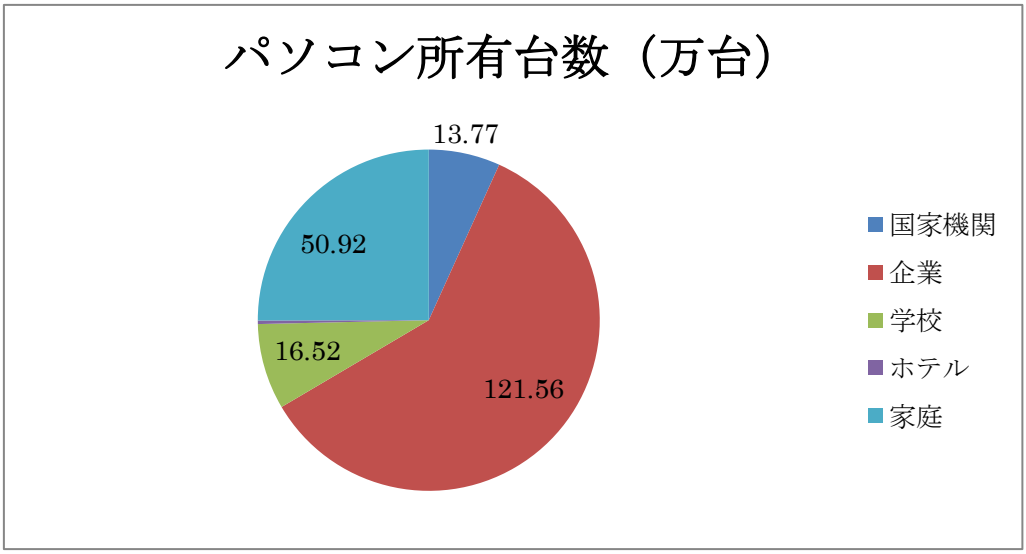
調査対象	サンプル数
学校	131
メーカー	51
貿易会社	60
銀行	9
証券会社	1
保険会社	3
ホテル	14
通信会社	3
販売店	29
ネットカフェ	20
研究機構	4
病院	24
家庭	4803
中古市場	11
リサイクル会社	60

次はパソコンに対しての調査結果をまとめる。

（1）パソコンの所有量

表 2 は 2005 年青島市のパソコン所有台数分布を示している。

表 2　青島市のパソコン所有台数分布



パソコン所有総量は 203.46 万台である。国家機関は 13.77 万台、企業は 121.56 万台、学校は 16.52 万台、ホテルは 0.68 万台、家庭は 50.92 万台を所有する。企業と家庭はパソコン全体の 84%を所有している。

（2）パソコンの廃棄状況

廃棄の方式は主に贈呈、販売、古い製品を新しい製品に買い換え、家庭及び企業、政府機関での放置の 4 つである。古い製品を新しい製品に買い換えることは極めて少ない。25 の販売店の調査結果、32 台廃棄パソコンしか買い替えされなかった。贈呈は 1.41 万台、販売は 1.87 万台、家庭及び企業、政府機関での放置は 2.60 万台になっている。贈呈した廃棄パソコンは貧しい地域、関連機関、友達、親戚などに流す。

日本は消費者が廃棄パソコンのリサイクル料金を負担する。中国では消費者は廃棄パソコンリサイクル料金を負担せず、廃棄パソコンを販売することができる。結果としては正式のリサイクル会社のリサイクルコストが高くなる。

（３）廃棄パソコン回収ルート

正規の回収システムが存在していない。主に下記の回収ルートで廃棄パソコンを回収する。

① 個人回収者を通じた回収。

② 中古市場に販売する。

③ 販売店で古い製品を新しい製品に買い換える。

④ 修理店が回収する。

⑤ 引越し会社が回収する。

（４）存在している問題

① 非正規のリサイクル業者のリサイクルによる環境汚染、資源浪費。

② 中古パソコンの品質、安全性の問題。

③ 法律の制約がない。

④ 正規の回収システムが存在しない。

上記の調査から中国のリサイクル現状の問題点を分析する。ほとんとの廃棄パソコンは非正式のリサイクル会社に流すことは問題である。なぜ非正式のリサイクル会社に流すか、原因は３つある。1 つ目は正規のリサイクルコストが高くて、正規のリサイクル会社は赤字経営で、数も少ない。2 つ目はパソコンのリサイクルについての法的な制約はまだない。非正規のリサイクル会社は乱立している。３つ目は非正規のリサイクル会社は安い労働力を利用し、手作業、不法投棄を通して、低コストで金属などのリサイクルを行い、販売し、利益を上げることができる。非正規のリサイクル会社は廃棄パソコンの購買力も購買欲も高い。

非正規のリサイクル会社を取り締まって、正規のリサイクル会社を儲からせる新しい仕組みが必要となる。この仕組みを実現するために、2011 年 1 月 1 日から実施される中国版家電リサイクル法は作った。

２．２．中国のリサイクル法制度

日本は 2003 年 10 月 1 日より「資源有効利用促進法」に基づいて、メーカー

とお客様が協力しあって、家庭のパソコンを再資源化するパソコンリサイクルが始まった。使用済パソコンはこれまで、自治体が回収・処理していたが、廃棄されるパソコンのメーカーが回収し、部品や材料をより有効に再資源化していく。なお、パソコンリサイクル開始以前に購入されたパソコンは、「回収再資源化料金」の負担が必要となる。回収するメーカーがないパソコン(自作のパソコン、倒産したメーカー・事業撤退したメーカーのパソコンなど)は、一般社団法人 パソコン 3R 推進協会が有償で回収・再資源化する。リサイクルに要する費用は消費者の負担となる。パソコン３Ｒ推進協会が説明している[18]。

中国のリサイクル法制度は日欧米先進国のリサイクル制度に参考した。2011 年 1 月 1 日から実施される中国版家電リサイクル法は電子製品の生産者、輸入者は廃棄電子製品に関する責任を負うことを明文化した。日本と違う点はお金の流れである。日本の場合、生産者がリサイクルを行うので、お金が生産者に流れる。中国の場合，リサイクルはリサイクル会社が行うので、リサイクル処理基金を通して、リサイクル会社に流れる。

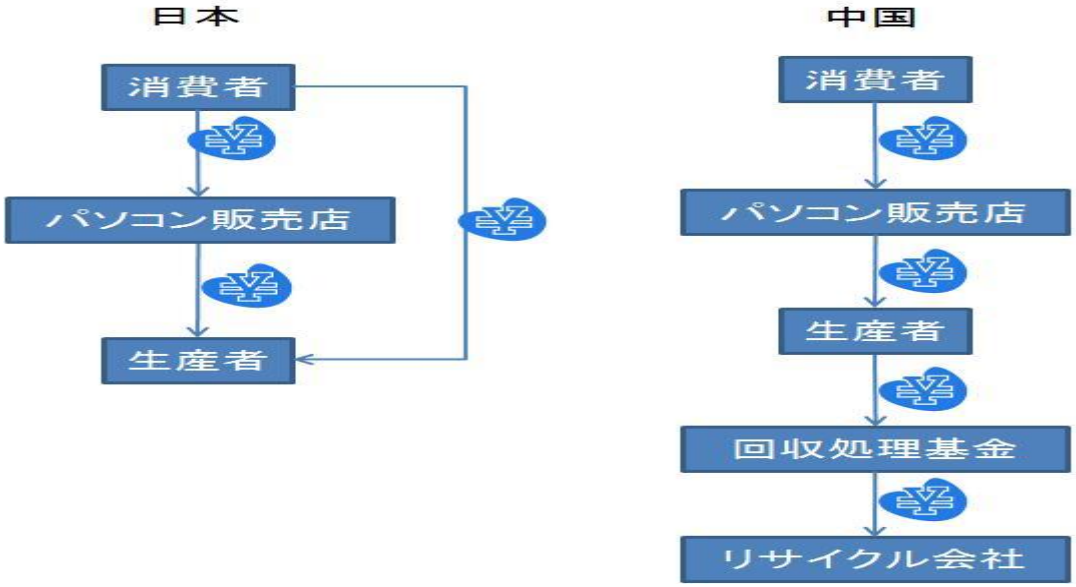


図 8　リサイクル費用の流れの日中比較

中国はこれまでリサイクルに関する法律を複数策定した。

表 3　中国のリサイクル法制度

名称	公布日	施行日	概要
中華人民共和国クリーン生産促進法[19]	2002年6月29日	2003年1月1日	クリーン生産を促進し、資源の利用効率を高め、汚染物の発生を抑制し、環境の保護及び改善を図り、人体健康を守り、経済と社会の持続可能な発展を促進するための法律である。
中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法[20]	2004年12月29日改正	2005年4月1日	固形廃棄物による環境汚染を防止し、人体の健康を保障し、生態系の安全を保ち、経済社会の持続可能な発展を促すための法律である。
中華人民共和国エネルギー節約法[21]	2007年10月28日改正	2008年4月1日	全社会の省エネルギーを促進し、エネルギー利用効率を高め、環境を保護改善し、経済と社会の全面的協調及び持続的な発展を促進するための法律である。
中華人民共和国 循環型経済促進法[22]	2008年8月29日	2009年1月1日	循環型経済の発展を促進し、資源の利用効率を高め、環境保護を改善し、持続可能な発展を実現するための法律である。国は、廃棄物の回収システムの構築を奨励、推進する。回収した電気電子製品は、修理してから販売する場合、再利用製品の基準を適合し、かつ、分かりやすい所で再利用製品であることを標示しなければならない。回収した電気電子製品のうち、解体やリサイクルが必要な

			ものは、条件が整えた解体業者に売り渡さなくてはならない。
中国版家電リサイクル法「廃棄電器電子製品回収処理管理条例」[5]	2009年2月25日	2011年1月1日	国は廃棄電器電子製品処理基金を設立し、廃棄電器電子製品回収リサイクル会社に処理費用を補助する。電器電子製品生産者、輸入電器電子製品の受取人あるいは他の代理人は規定に従って廃棄電器電子製品回収処理基金に納金の義務を果たさなければならない。 ※正規のリサイクル会社は利益を上げる仕組みである。 回収した廃棄電子製品は廃棄電子製品リサイクル資格を持つ企業に渡し、処理しなければならない。 ※非正規のリサイクル会社を取り締まる仕組みである。

２．３．循環経済への取り組み

リサイクル事業は循環経済の一環である。中国は循環経済を目指し、多くの取り込みを行っている。

「中国政府は、資源の利用効率が低く、環境汚染を引き起こしながら経済成長を続けている現状を問題視し、『循環経済』や『資源節約型社会』などをキーワードに、資源の利用効率を高めるための様々な取組みが 2002 年以降開始されている[23]。」

表 4　循環経済の流れ［22］

時間	イベント
2002 年	遼寧省、貴陽市が循環経済モデル省／都市として国家環境保護

	総局に申請。 →国家環境保護総局の受諾により循環経済モデルへ。 ※地方政府による中央政府関連部門への申請→受諾
2004 年	山東省日照市がモデル市申請
2005 年	16 期５中全会より、循環経済を国家レベルの戦略に昇格。 「資源節約を国策の基本とし、循環経済を発展させ、生態環境を保護し、資源節約型・環境友好型社会建設を加速化する」 ※党中央による方針の決定 ↓ 国務院より「節約型社会建設への短期的な重点工作についての通知」「循環経済の発展の加速化に関するいくつかの意見」発布。 ※中央政府による文書の発布 ↓ ６部門（発改委、国家環境保護総局、科学技術部、財政部、商務部、国家統計局）により「循環経済試点工作方案」を発布。 重点産業、重点領域、産業園区試点、省・市レベルでの試点（北京市、遼寧省、上海市、江蘇省、山東省、重慶市、寧波市、銅陵市、貴陽市、鶴壁市）を指定。 ※関連部門による文書交付：全国的に試点工作開始
2007 年 11 月	重慶市で全国循環経済試点工作会議開催。 ※活動の総括、第二期試点を設定、新たな試点工作を展開
2007 年 12 月	国家環境保護総局、商務部、科学技術部は「国家生態工業示範区管理弁法」を公布。

２．４．ステークホルダー分析

廃棄パソコンの問題を明白するため、ステークホルダーの分析を行う。次の表は廃棄パソコン処理に関わるステークホルダーである。

表 5　廃棄パソコンリサイクルのステークホルダー

ステークホルダー	ニーズ
欧米の政府 日本の政府	中国はもっと環境重視、CO2 を減らしてほしい。 中国でのリサイクル事業が利益を上げるなら、参入したい。
中国の政府	環境重視を世界にアピールしたい。 CO2、環境汚染を減らし、国民の健康を守りたい。 資源浪費を減らし、資源を有効再利用したい。 新しい法律の下で、リサイクル事業を盛んになってほしい。
パソコンの生産者 輸入者	リサイクル事業に関わることによって、会社ブランドイメージを向上させたい。 2011 年 1 月 1 日から実施する新しい法律の下で、自分のビジネスはどの影響が与えられるか不安である。 商品販売価格にリサイクコストも入れると、消費者に不安があるか。 会社の収益に影響がありか。 回収処理基金に何の基準でどの位お金を払うか。 リサイクル事業まで行ったほうがお得か。 リサイクルしやすい商品をどのように設計するか。
リサイクル会社	今までのずっと赤字経営を黒字に転換したい。 新しい法律を実施するまでの短い準備時間で、経営戦略を立ちたい。
リサイクルに 参入しよう会社	新しいビジネスチャンスをつかみ、リサイクル事業に参入したい。リサイクル事業の仕組み、リスク、ビジネスチャンスを知りたい。
消費者	CO2、環境汚染を減らしたい。 リサイクル事業を盛んになってほしい。 リサイクル費用の負担について不利があるか。
個人回収者	新しい法律の下で、廃棄パソコンの回収仕事をすることはできるか。収益はどのように変更になるか。

リサイクルビジネスは中国では新しいビジネスであり、チャンスとリスクは伴う。ビジネスチャンスを求め、リサイクル分野に新規参入しようとする者が不安を持っている。リサイクルビジネスの仕組みはどうなっているか、どのリスクがあるか、どのチャンスがあるかを知りたい。新規参入者、潜在参入者にリサイクルビジネスの仕組み、リスク、チャンスを実感してもらって、正しい経営戦略を作成し、順調にリサイクルビジネスに参入することは循環型サプライチェーンゲームを開発する目的である。大量、分散範囲が広い廃棄パソコンをリサイクルするために、多くの会社をリサイクル事業に参入させなければならない。

第３章　ビジネスゲームについて

循環型サプライチェーンゲームはビジネスゲームの一つである。ビジネスゲームの基礎について説明する。

３．１．ビジネスゲームとは何か

ビジネスゲームとは、企業活動をゲームとして取り扱い、複数の人々またはグループが、一定の規則にしたがって、何らかの利得（例えば利益や得点など）をめぐって相互に勝負を争うことである[20]。
ビジネスゲームはマネジメントゲーム、ゲーミングシミュレーションと呼ばれることもある[24]。
本研究の循環型サプライチェーンゲームとは、循環型サプライチェーンの各企業の企業活動をゲームとして取り扱い、５人１グループにして、一定の規則に従って、純利益の最大化とリサイクル率の最大化をめぐって、注文活動を行うことである。

３．２．ビジネスゲームの目的

「ビジネスゲームとは、一定のルールにしたがって、仮想の会社を設立し、競争会社との間に生じた種々の問題―たとえば利益の増大をはかるとか、売上の増加をかかるとか、市場占有率を拡大するとかいった問題を，意思決定のプロセスを通じて解決することにより，ゲームの参加者を訓練する。その意味では，ビジネスゲームは企業における経営教育のひとつの手段と考える[20]。」

次の特徴がある。

「

（１）短期間に経営体験が得られる。

（２）企業内の諸要素の相互依頼関係の理解に役立つ。

（３）経理関係の知識を獲得できる。[24]

」

３．３．ビジネスゲームの利点

ビジネスゲームによって得られる利点としては、次のようなものがある。

「

（１）計画の重要性について教えてくれる。

（２）過去の経験の分析能力を養うことができる。

（３）未経験分野についての訓練が可能になる。

（４）成否に影響を与える多くの要素を知ることができる。[24]

」

循環型サプライチェーンゲームは中国のリサイクルビジネスに新規参入しようとする者を対象とする。中国のリサイクルビジネスは新規参入者にとっては未経験分野である。この未経験分野で、ビジネスの訓練を提供することは循環型サプライチェーンゲームのひとつ魅力のところである。

第４章　循環型サプライチェーンゲームの設計開発

循環型サプライチェーンの設計開発はＶモデルにしたがって、設計開発を行った。

「Ｖモデルはもともとシステムズエンジニアリングで用いられていた概念であり、システムをデザインする際には、「分解と統合」「デザインと評価」が重要であることを表しています。すなわち、Ｖの左側が分解（decomposition)、右側が統合（integration）です。大規模複雑システムを、サブシステム、サブサブシステム、・・・コンポーネントに分解し、全体から詳細に渡るデザインが終了したら、システムを順に統合していくという意味です。また、Ｖの左側から右側に向かう矢印は、デザインのそれぞれのレベルに対応して評価を行うことを表しています[25]。」

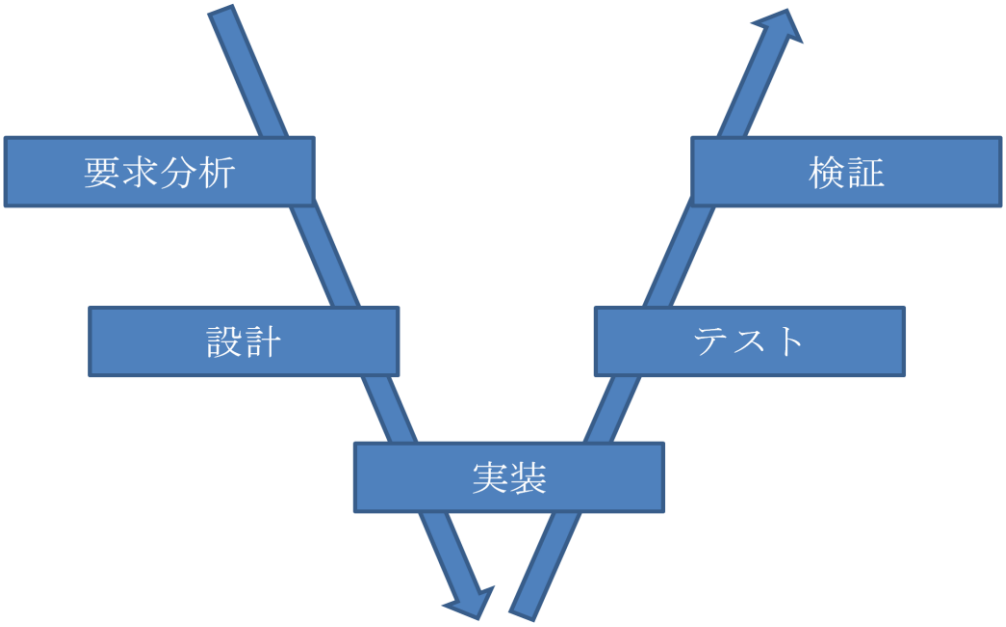


図 9　循環型サプライチェーンゲームの設計開発Ｖモデル

循環型サプライチェーンゲームの設計開発 V モデルの左側はステークホルダーの要求分析、システムの設計を行い、下側は循環型サプライチェーンゲームの実装を行い、右側は実装した循環サプライチェーンゲームのテスト、検証を

行う。

４．１．コンセプト

４．１．１　Goal Statement

循環型サプライチェーンゲームのコンセプトを TO-BY-USING[26]で説明する。
TO-BY-USING とは。

TO：廃棄パソコンリサイクル事業の新規参入者が新しいリサイクル法の下で、経営シミュレーションを行って、リサイクルビジネスの仕組み、リスク、チャンスを体験してもらう。

BY：循環型サプライチェーンゲームを参加する。

USING： システムシミュレーション手法。

４．１．２．法律実施前後の CVCA 比較

次の図 8 はリサイクル法が実施される前の CVCA (Customer Value Chain Analysis)[27]である。

Customer Value Chain Analysis (CVCA) is an original methodological tool that enables design teams in the product definition phase to comprehensively identify pertinent stakeholders, their relationships with each other, and their role in the product’s life cycle.

CVCA はステークホルダーの分析に有効である。
正規のリサイクルを行う場合、コストが高くて、リサイクル会社としては生きられない。ほとんどの廃棄パソコンが非正規のリサイクル業者に流す。

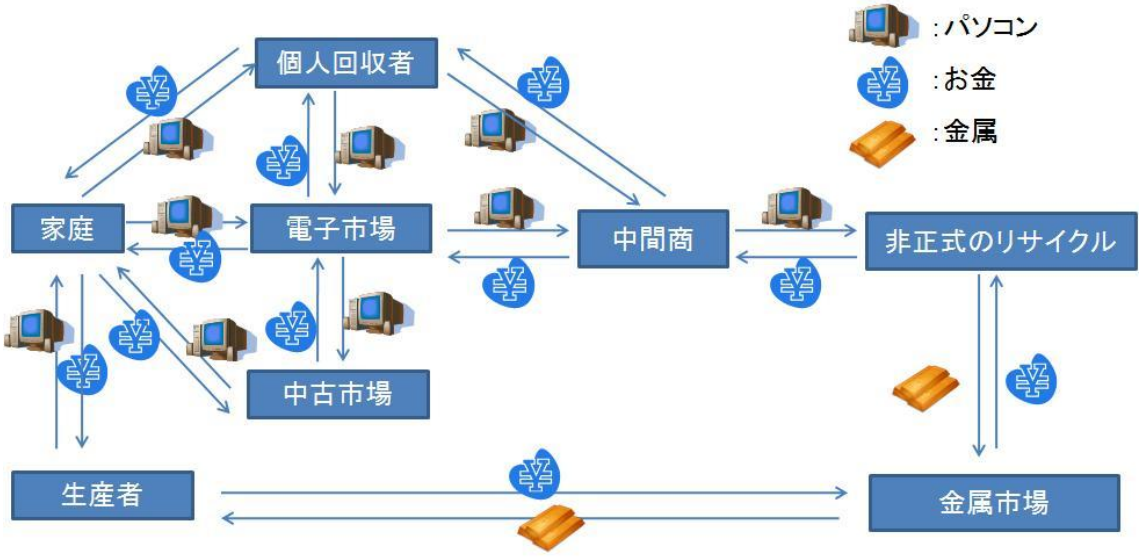


図 10　リサイクル法実施前の CVCA

リサイクル法が実施される場合、非正規のリサイクルが禁止され、正規のリサイクル会社はリサイクル補助金がもらえる。CVCA は次の図 11 のようになる。

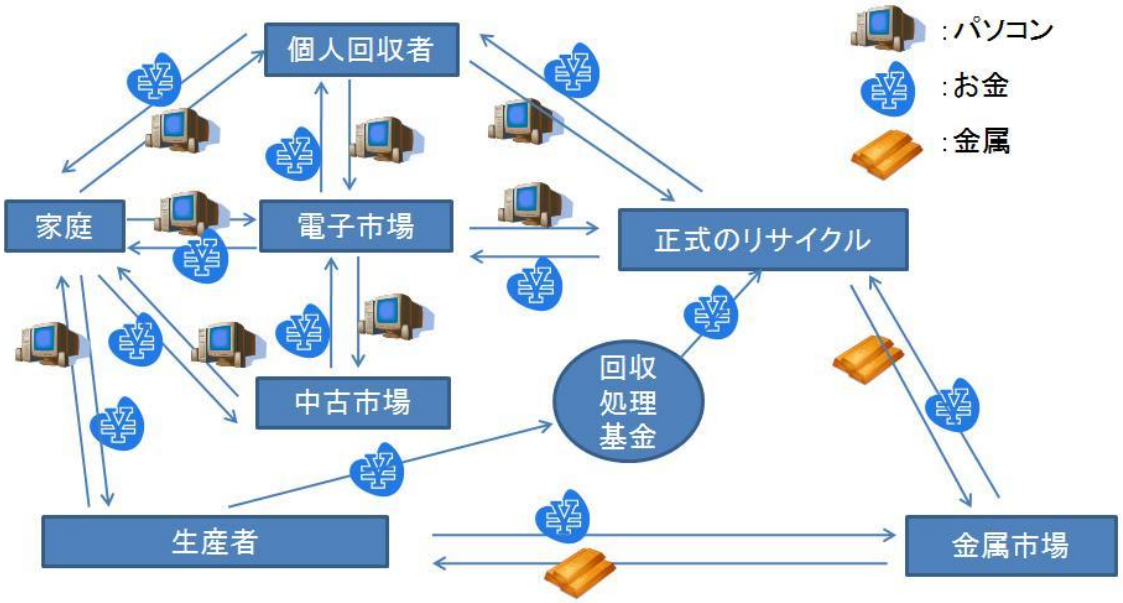


図 11　リサイクル法実施後の CVCA

４．２．要求分析

現在、リサイクル事業が儲からないので、既にリサイクル事業を行う会社が少なく、リサイクル法が実施された後、多くの新規参入者が出てくると考えら

れる。本研究の循環サプライチェーンゲームはリサイクル事業に新規参入しようとする者を対象として、設計開発する。主に、新規参入しようとする者の要求を分析する。

表 6　ゲームのステークホルダーの要求分析

ステークホルダー	要求
生産者	① 販売までのサプライチェーンをリサイクルまでビジネスを展開するとサプライチェーン全体の利益はどう変わるかを知りたい。 ② 各会社の利益はどう変わるかを知りたい。 ③ リサイクル法の下で、ビジネスの仕組みを知りたい。
リサイクル事業に新規参入者	① リサイクルビジネスを新規参入したい。 ② 必要のサプライチェーンの知識を得たい。 ③ リサイクル法の下で、ビジネスの仕組みを知りたい。 ④ リサイクル会社の利益が出るかを知りたい。 ⑤ リサイクル会社のリスクを知りたい。 ⑥ リサイクル会社の経営戦略を知りたい。 ⑦ 金属価格の変動が発生する場合、会社の収益にどのように影響が与えられるかを知りたい。

４．３．従来サプライチェーンゲームとの比較

循環型サプライチェーンゲームと従来のサプライチェーンゲームの比較を行う。

４．３．１．ビールゲーム

ビールゲームは 1960 年に MIT で開発したサプライチェーンゲームである。参加者は工場，一次卸，二次卸，小売店の４つ役割のどちらでゲームを参加することができる。

島田[28]はビールゲームを詳しく説明している。

ビールゲームは、ものの流れ、情報の流れ、の２つの流れから構成されている。次の図はビールゲームのモデルを示している。

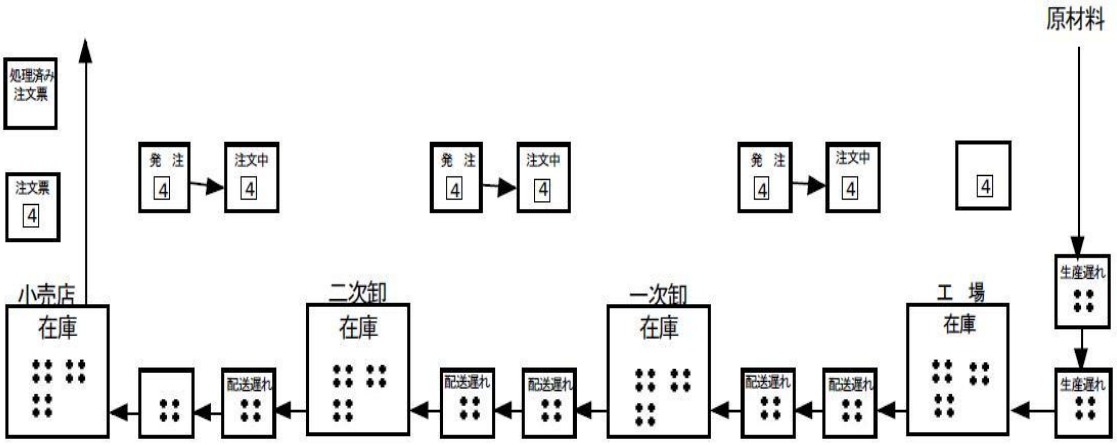


図 12　ビールゲームのモデル

ものの流れは，右上の「原材料」に始まる．原材料は，生産に２週間を要して製品になる．まず１週目には，「原材料」を最初の「生産遅れ」に進め，続く２週目には，これを２番目の「生産遅れ」に進める．こうして２週間後には，製品となった「原材料」を「工場」の在庫に進める．製品は，「工場」→「一次卸」→「二次卸」→「小売店」へと配送される．各配送には２週間を要する．まず１週目には，「工場」の在庫にある製品を最初の「配送遅れ」に進め，続く２週目には，これを２番目の「配送遅れ」に進める．こうして２週間後には，「一次卸」の在庫に進める．同様にして，「一次卸」「二次卸」「小売店」へと進めていく．最終的には，製品は顧客に出荷されるので，「小売店」は在庫の商品を「顧客に販売された注文」へと吐き出す．

情報の流れは，左上の「注文票」に始まる．「注文票」は顧客からの注文数を記入する．顧客からの注文数はシステムへの外生変数であり，ゲームの参加者には秘密にしておく．ゲーム中は，「小売店」の担当者だけが顧客からの注文数を知っている．「小売店」は，「注文票」に記入してある注文数分の在庫を「顧客に販売された注文」へと吐き出す．続いて，次週の注文数を予想し，在庫切れが生じないように「二次卸」に対する注文数を意思決定し発注する．発注では，相手に情報が届くまで２週間を要する．１週目に「発注」に，２週目には「注文中」に進める．つぎに「二次卸」は，「注文中」の注文数分の商品を在庫から「配送遅れ」へと進める．続いて，「一次卸」に対する注文数を意思決定し

発注する.「一次卸」は,「二次卸」と同様の意思決定をする.「工場」では,生産現場に情報が１週間後に届くので,前の週に注文した数の「原材料」を最初の「生産遅れ」へと進める.

このように、ものの流れと情報の流れを繰り返しでゲームを行う。ゲームのコストには在庫コストと機会損失コストがある。在庫が下流の会社の注文を満たさない場合、機会損失が発生する。ゲームの目標は各会社とサプライチェーン全体のコストを最小化することである。

ビールゲームはブルウィップ効果を説明し、サプライチェーンの統合的な管理、情報共有の重用性を示している。

４．３．２．Distributor Game

Thomas M. Corsi[29]はDistributor Gameを論文で紹介している。

Delft 大学と Robert H. Smith ビジネススクールの研究者達は"Distributor Game"を開発した。"Distributor Game"はグローバル化、リアルタイムの環境変化の対応能力を求めるサプライチェーンゲームである。参加者は物流会社の役割でゲームを参加し、物流会社の間に競争を行う。市場、サプライヤーはパソコンに制御される。次の図は"Distributor Game"のモデルを示す。

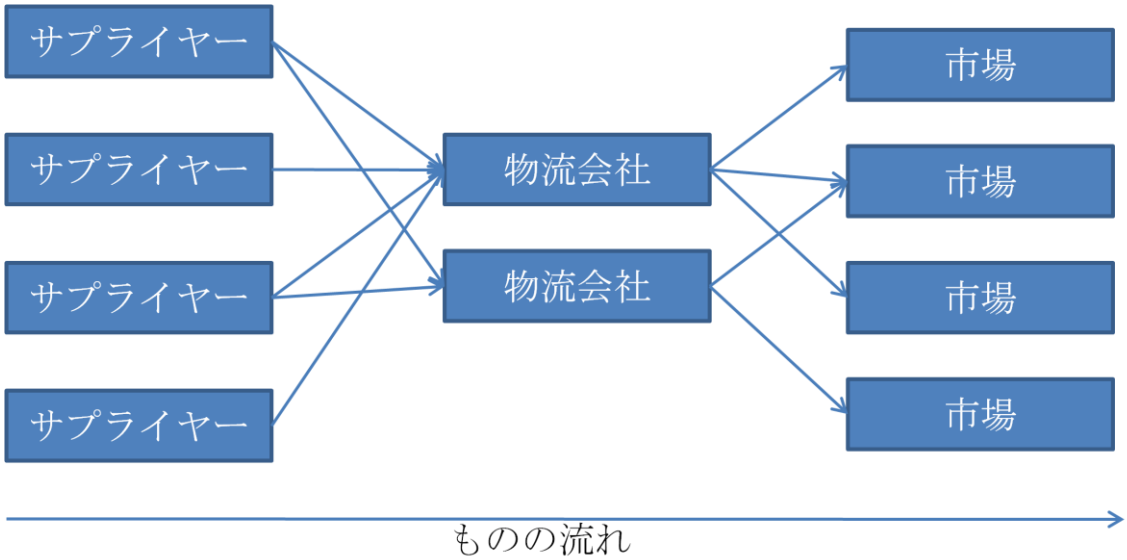


図 13　サプライチェーン

物流会社はサプライヤーから商品を購入し、市場に販売する。商品はラップトップ、サーバ、マルチメディアコンピュータ、および普通のデスクトップコン

ピュータの４種類がある。ゲームの中にグローバルはアメリカー、ヨーロッパ、アジアの 3 つ地域を想定する。各地域に複数のサプライヤー、物流会社、市場が存在している。物流会社は各地域のサプライヤーから商品を購入することも各地域の市場に商品を販売することも可能である。売れない商品はすぐ価値がなくなるので、物流会社はできるだけ在庫を減らしたい。同時に、市場のお客様に迅速に商品を届き、よいサービスを提供したいので、一定の在庫を持つことも必要である。参加者は物流会社の利益最大化を求めて、リアルタイムの環境変化の中で、ゲームを行う。

"Distributor Game"は現実に近く、複雑のゲームである。"Distributor Game"を通して、参加者は戦略リーダーシップ、業務管理、財政管理、および情報技術を身につけることができる。

４．３．３．TAC SCM

TAC(The Trading Agent Competition)[30]はホームページで TAC SCM を紹介している。

TAC SCM は" the Trading Agent Competition - Supply Chain Management Game "の略称である。ゲームにはメーカーの重用性を強調し、エージェントを使って、メーカーの企業活動をシミュレーションする。各メーカーはサプライヤーの選択、顧客注文の獲得競争、在庫管理、生産管理の企業活動を行う。最終的に、銀行に残高が一番多いエージェントは勝利する。次の図は TAC SCM-07 のモデルを示す。

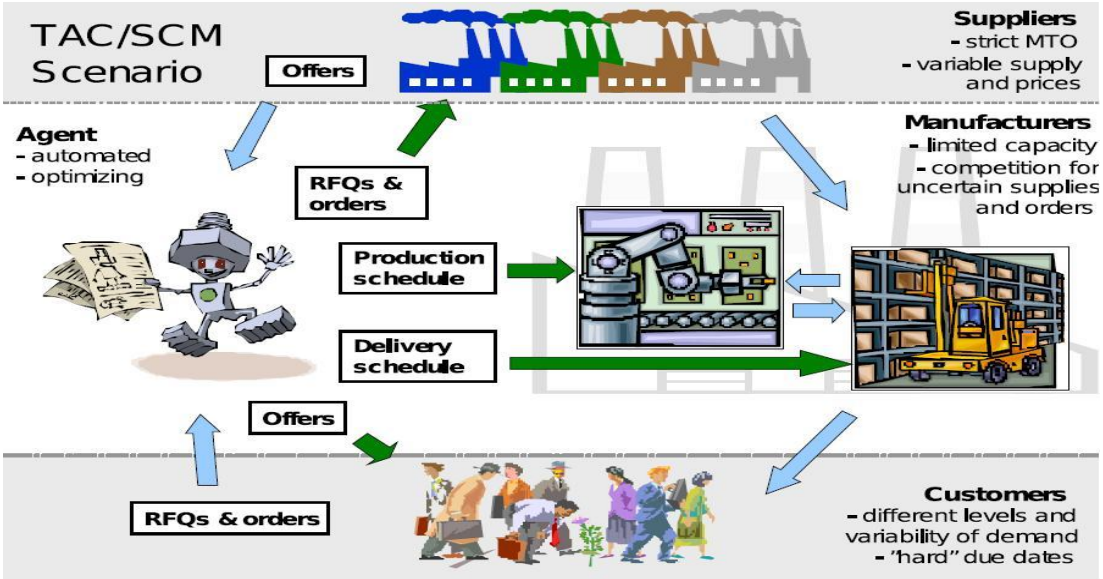


図 14 TAC SCM-07 のモデル [26]

ゲームは一定の日数まで実行される。6 つのエージェントはゲームを参加し、顧客注文獲得競争と生産管理を行う。毎日、エージェントに顧客はパソコンの問い合わせをし、価格と配送日でパソコンを選ぶ。各エージェントはパソコンの生産能力の制限があり,8 つのサプライヤーから CPU,マザー・ボート,メモリ,ディスクドライバの 4 つ部品を購入し,生産を行う。各部品は複数のバージョンがあるため、パソコンも複数のバージョンが存在している。顧客からの問い合わせはあるバージョンのパソコンに対しての問い合わせである。エージェントへの入金とエージェントからの出金は銀行で管理する。ゲームは終了した時点で、銀行の残高が一番多いエージェントは勝利になる。

TAC SCM は最適なサプライヤー選択と顧客注文獲得競争を通して、サプライチェーンの柔軟性とダイナミックス性の重要性を指摘している。

４．３．４．他のサプライチェーンゲームとの比較

ビールゲーム、"Distributor Game"、TAC SCM 以外、他のサプライチェーンゲームもたくさん存在しているが、いずれも商品が市場に届くなら終わりのフォワードサプライチェーンである。廃棄商品の処理まで考えることは本研究のサプライチェーンゲームの大きな特徴である。

次の表はサプライチェーンゲームの比較である。

表 7 サプライチェーンゲーム比較

ゲーム属性	循環型サプライチェーンゲーム	ビールゲーム	Delft Distributor Game	TAC SCM
循環性	Yes	No	No	No
工程再構築	Yes	No	No	No
参加者がソフトウェアのインストール	No	Yes	Yes	Yes
ウェブ化	Yes	Yes	Yes	No
グループ人数	5	4	2	2
参加可能の役割	全部	全部	物流	メーカー
金属価格	ランダム	なし	なし	なし
市場需要	ランダム	ランダム	ランダム	ランダム
商品価格	変動	なし	変動	同じ
商品の数	1	1	4	4

４．４．全体のモデル

循環型サプライチェーンゲームモデルは次の図の通りである。

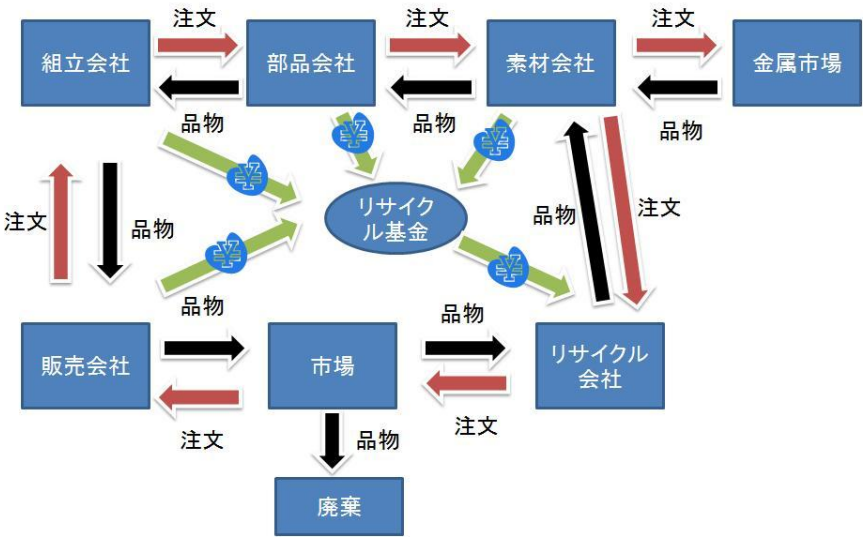


図 15　循環型サプライチェーンゲームのモデル

モデルを説明する前に関連する用語を説明する。

(1) コスト曲線

生産コスト、販売コスト、リサイクルコストは次のコスト曲線をベースとして、金属価格の変動を入れて、計算する。

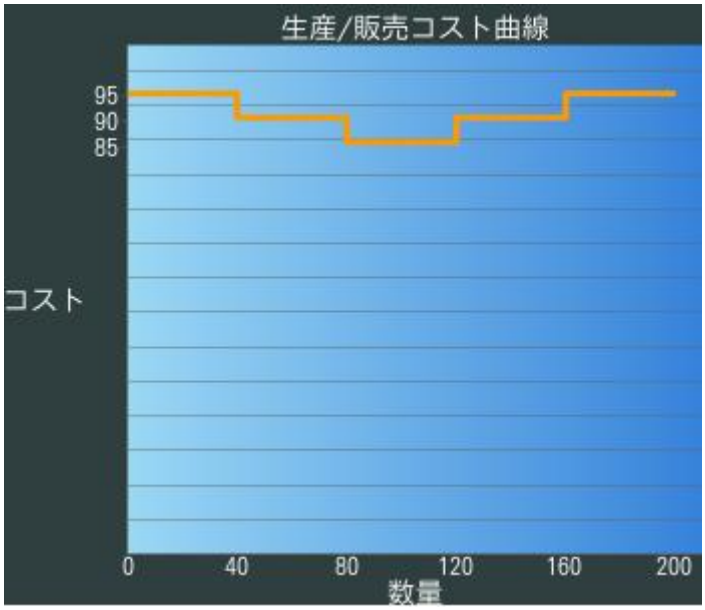


図 16　生産/販売コスト曲線

x は生産量(小売会社の場合:販売量, リサイクル会社の場合:リサイクル量),

C(x)はベースライン生産コスト（小売会社の場合：販売コスト，リサイクル会社の場合：リサイクルコスト）として、下記のルールで計算を行う。

① 80 <= x <= 120 の場合，C(x) = 85

② 40 <= x < 80 または 120 < x <= 160 の場合，C(x) = 90

③ 0 < x < 40 または x > 160 の場合，C(x) = 95

ベースライン生産コストの上に、生産コスト（小売会社の場合：販売コスト，リサイクル会社の場合：リサイクルコスト）を計算する時、金属価格の変動も入れる。

生産量は x の場合，生産コストは下記の式で計算する。

生産コスト = C(x) +（金属価格 − 100）× x

(2) 廃棄タイミングについて

廃棄タイミングはパラメータとして、設定できる。例えば、タイミングが 5 カ月間の場合、１月に市場に売ったパソコンは５月になると、廃棄パソコンとなるということである。次の図のようになる。

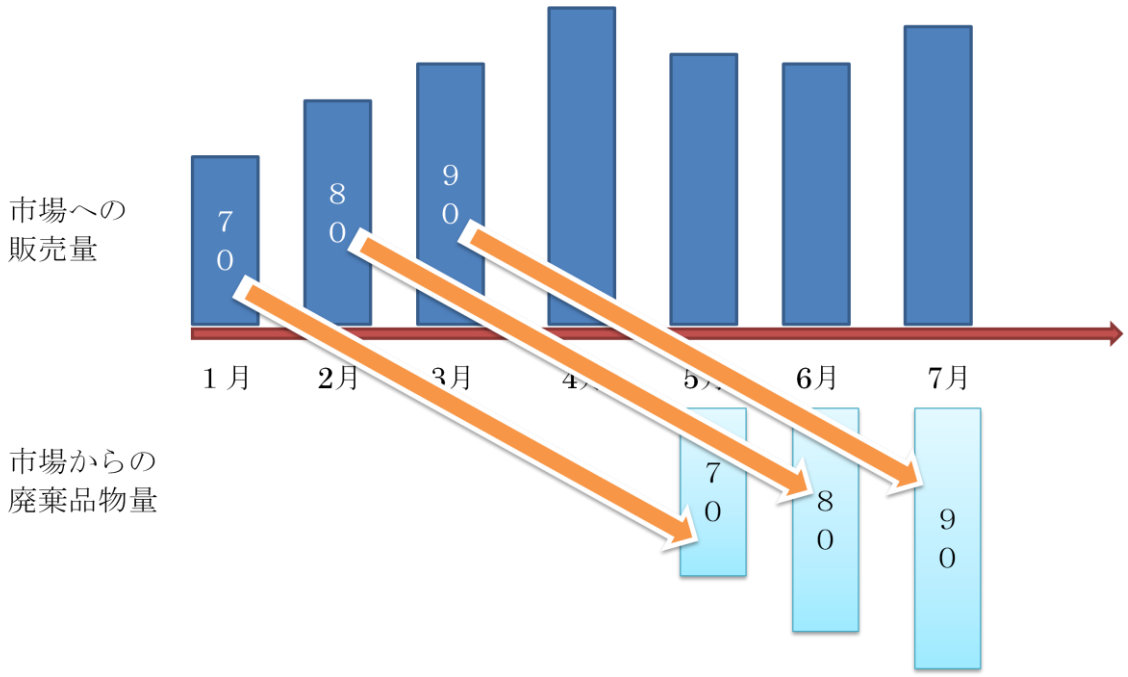


図 17　廃棄タイミング

(3) 循環型サプライチェーンの各構成要素の説明

表 8　循環型サプライチェーンの各構成要素説明

名前	Input	コスト	Output	販売価格
金属市場	注文		金属	金属価格
素材会社	①　注文 ②　金属市場からの金属 ③　リサイクル会社からの金属	生産コスト＝C(x) ＋(金属価格-100)×x ※x は生産量	素材，回収処理基金へお金	金属価格
部品会社	① 注文 ② 素材	生産コスト＝C(x) ＋(金属価格-100)×x ※x は生産量	部品，回収処理基金へお金	金属価格
組立会社	① 注文 ② 部品	生産コスト＝C(x) ＋(金属価格-100)×x ※x は生産量	商品，回収処理基金へお金	金属価格
小売会社	① 市場の需要 ② 商品	販売コスト= C(x) ＋(金属価格-100)×x ※x は販売量	消費品，回収処理基金へお金	金属価格
市場	① 消費品 ② リサイクル会社からの注文		廃棄商品	
リサイクル会社	① 注文 ② 廃棄商品	リサイクルコスト＝C(x) ＋（金属価格-100)×x ※x はリサイクル量	金属	金属価格

循環型サプライチェーンゲームにはリサイクル会社，素材会社，部品会社，組立会社，販売会社の五つ会社と市場と回収処理基金から構成される。ゲーム参加者は五つの会社を所有する5人で1チームを構成し,1人は1社を代表する。ゲームはチームで行う。

ゲームの目標は二つある。

① ゲームが終了した時点で，各会社の総純利益は最大である。

② ゲームが終了した時点で，循環型サプライチェーン全体の総利益とリサイクル率が最大である。

４．５．ユーザー

循環型サプライチェーンゲームにゲームの作成者とゲームの参加者の2種類ユーザーが存在している。ゲームの作成者はゲームの各パラメータを設定し、ゲームを作成する者である。ゲームの作成者が作成したゲームに参加し、注文を行う者はゲームの参加者である。循環型サプライチェーンゲームを参加するため、5人の参加者が必要である。

４．６．ゲームのフロー

図 18 はゲームのフローを示している。ユーザーの作業フローとシステム内部のロジックフローの2つ部分がある。

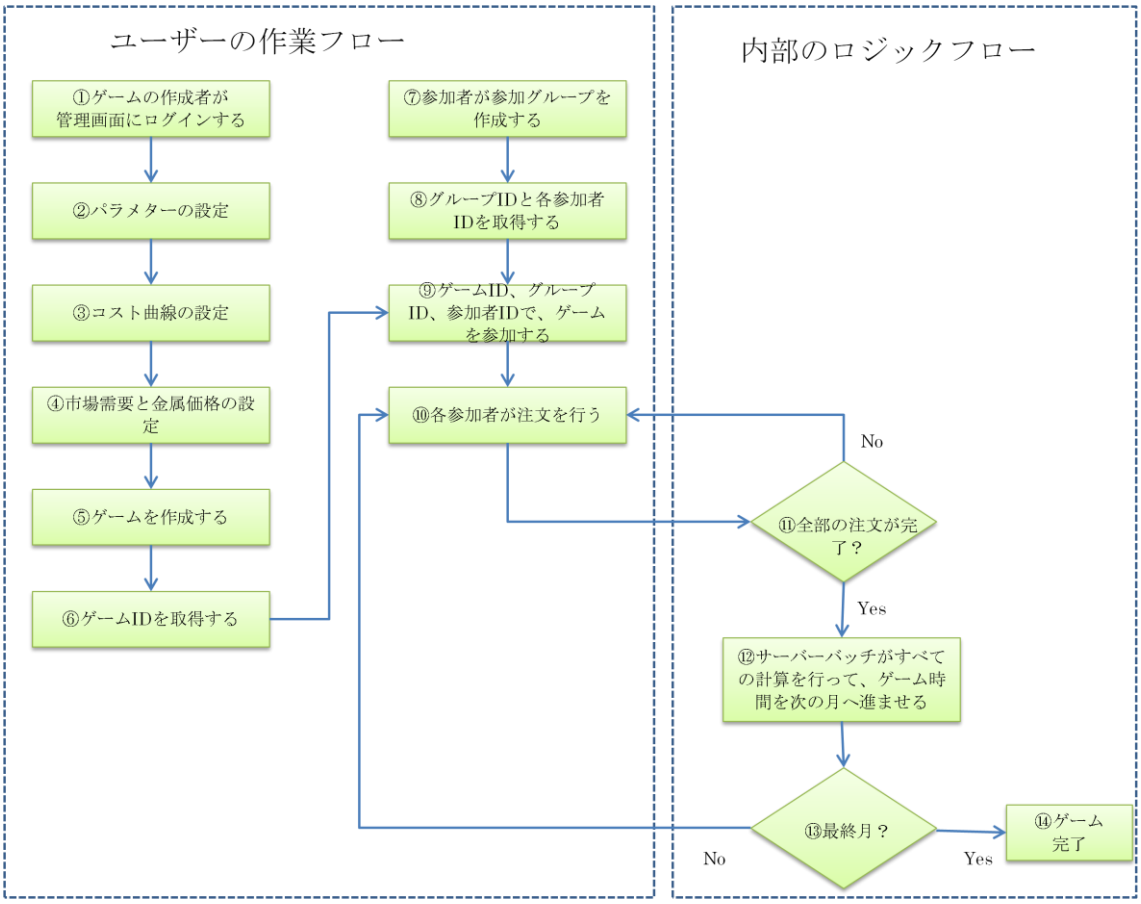


図 18　ゲームのフロー

① ゲームの作成者が管理画面にログインする

データベースのテーブルを作成した後、管理者 ID とパスワードを管理者テーブル(manager)に登録しておく。ログインする画面で、ゲームの作成者が入力した管理者 ID とパスワードを確認する。登録した管理者 ID とパスワードであれば、管理画面にログインできる。登録されない管理者 ID とパスワードであれば、管理画面にログインできない。

② パラメータの設定

在庫コスト、初期在庫量、初期注文量などのパラメータを設定する。

③ コスト曲線の設定

販売会社は販売コスト曲線、組立会社、部品会社、素材会社は生産コスト曲線、リサイクル会社はリサイクルコスト曲線である。コスト曲線の形を設定する。

④ 市場需要と金属価格の設定

まず、ゲームの月数を設定する。この月数はゲームが何カ月まで行うかを決める。

次は、市場需要（販売会社への注文）範囲を設定する。ランダムで生成される毎月の市場需要は設定された範囲内に入る。

最後、金属の価格範囲を設定する。ランダムで生成される毎月の金属価格は設定された範囲内に入る。

ランダム生成された市場需要、金属価格の変更も可能である。

⑤ ゲームを生成する

設定されたパラメータ、コスト曲線、市場需要と金属価格を使って、新しいゲームを生成する。

⑥ ゲーム ID を取得する

新しい生成されたゲームの ID を取得する。

⑦ 参加者が参加グループを作成する

販売会社、組立会社、部品会社、素材会社、リサイクル会社の担当者名前を入力し、グループを生成する。

⑧ グループ ID と各参加者 ID を取得する

新規作成されたグループの ID と各参加者 ID を取得する。参加者 ID は販売会社、組立会社、部品会社、素材会社、リサイクル会社の各会社の代表 ID である。

⑨ ゲーム ID、グループ ID、参加者 ID でゲームを参加する

ログイン画面で、各参加者はゲーム ID、グループ ID、自分の参加者 ID を入力し、ゲームを参加する。

⑩ 各参加者が注文を行う。

参加者がログインした後、当月の注文を行うことができる。天の声、在庫量などを確認しながら、注文量を決めて、注文する。

⑪ 全部の注文が完了？

廃棄品物が生成する前、販売会社、組立会社、部品会社、素材会社の 4 社がすべて注文を行った後、ゲームの時間は次の月に進める。廃棄品物が生成し

た後、販売会社、組立会社、部品会社、素材会社、リサイクル会社の５社がすべて注文を行った後、ゲームの時間は次の月に進める。

⑫ サーバーバッチがすべての計算を行って、ゲームの時間を次の月へ進ませる。サーバーバッチは注文データに基づいて、品物の搬送、販売利益、在庫コスト、純利益などの計算を行って、ゲームの時間を次の月に進ませる。

⑬ 最終月？

ゲームの最終月かを判断し、最終月の場合、ゲームを終了させる。最終月ではない場合、次の月のゲームに入る。

⑭ ゲーム完了

最終月になるので、ゲームを終了させる。

４．７．アーキテクチャ

図 20 は循環型サプライチェーンゲームのアーキテクチャを示している。

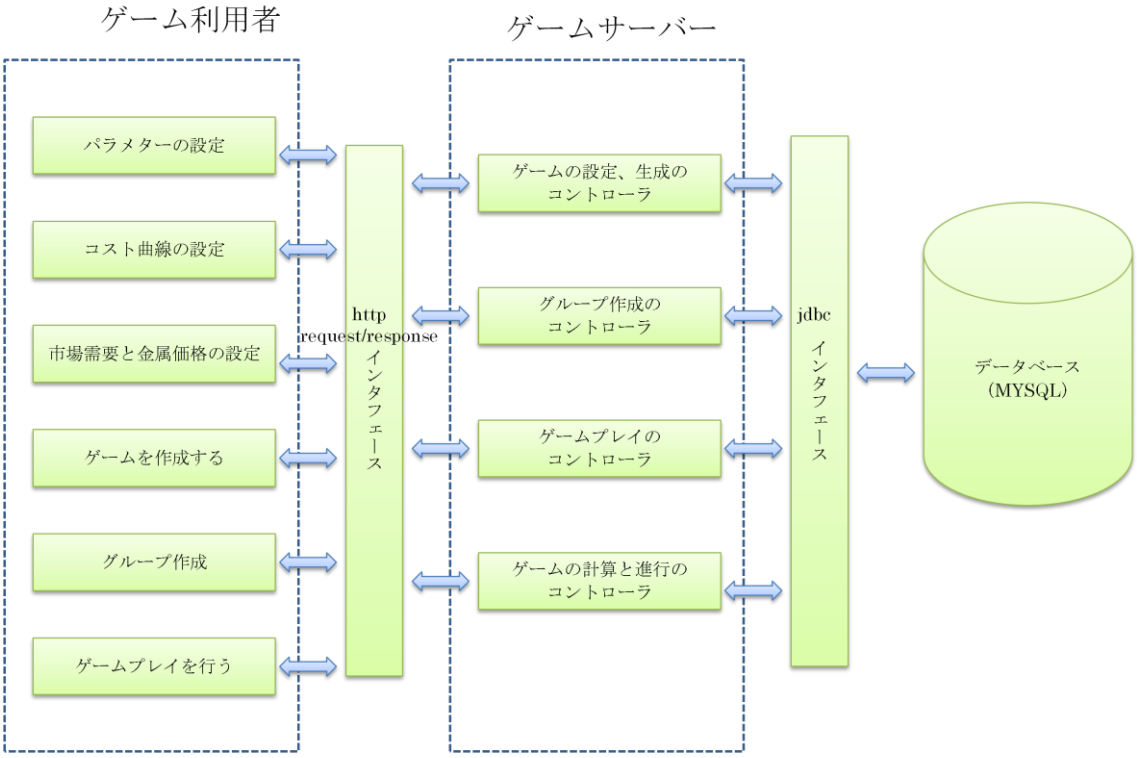


図 19　循環型サプライチェーンゲームのアーキテクチャ

循環サプライチェーンゲームはクライアント、アプリケーションサーバー、データベースサーバーの三階層システムとなっている。

クライアント：画面の表示、各種入力などのユーザーインタフェース部。図の左側、点線に囲まれる部分である。

アプリケーションサーバー：ゲームのデータ処理を行う部。図の中央、点線に囲まれる部分である。

データベースサーバー：ゲームの処理結果を格納する部。図の右側の部分である。

クライアント層で、ゲーム利用者はゲームの設定、ゲームの生成、グループの生成、ゲームプレイの指示を出す。その指示は http request/response インタフェースを通して、アプリケーションサーバー層に渡す。アプリケーションサーバー層は指示を対応するコントローラを呼び出し、指示の通りデータ処理を行う。処理した結果は jdbc インタフェースを通して、データベースに格納する。

４．８．物理設計

循環型サプライチェーンゲームの物理設計は図 21 の通りである。

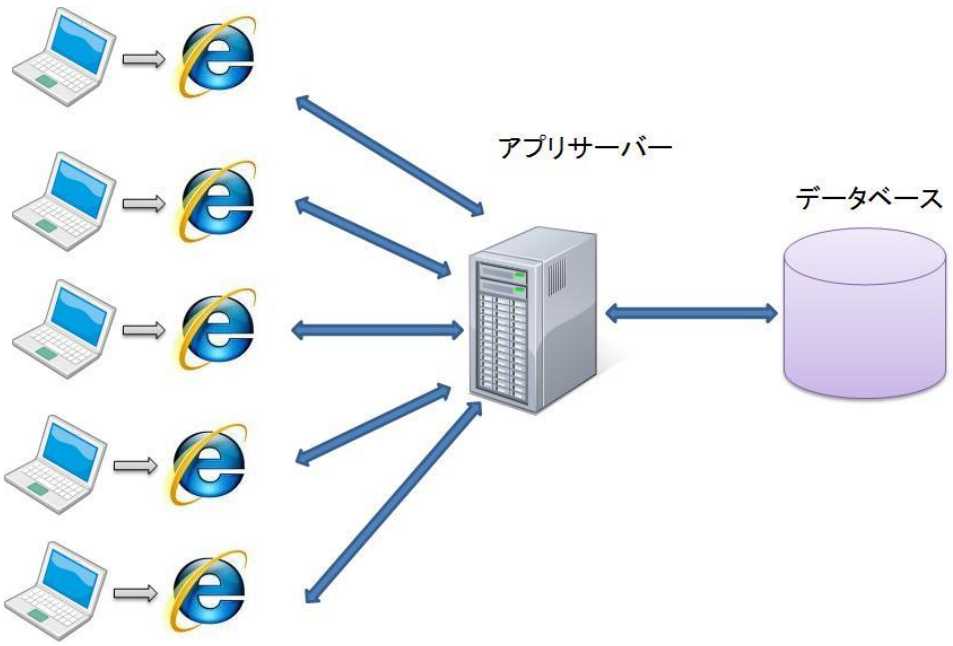


図 20　循環型サプライチェーンゲームの物理設計

左側のブラウザ、中央のアプリケーションサーバー、右側のデータベースの 3 つ部分がある。ゲームの利用者はブラウザでアプリケーションサーバーに接続し、ゲームの操作を行う。アプリケーションサーバーの処理結果はデータベースに格納する。

４．９．データベース設計

循環型サプライチェーンゲームのテーブルは次の表のように設計している。

表 9　循環型サプライチェーンゲームのテーブル一覧

テーブル	テーブル名前	概要
run	ゲーム	ゲーム ID、ゲーム名前を格納するテーブル。
parameter	パラメータ	各種パラメータを格納するテーブル。
market	市場	市場の需要、金属価格を格納するテーブル。
game_date	ゲーム時間	ゲームの進行状況を格納するテーブル。
comment	コメント	ユーザーのコメントを格納するテーブル。
line	線	コスト曲線などの線を格納するテーブル。
delivery	搬送	販売、生産数量を格納するテーブル。
player	参加者	参加者情報を格納するテーブル。
groups	グループ	グループ情報を格納するテーブル。
orders	注文	注文情報を格納するテーブル。
shift	シフト	コスト曲線のシフト情報を格納するテーブル。
recycle_fund	リサイクル基金	リサイクル基金情報を格納するテーブル。
manager	管理者	管理者 ID とパスワードを格納するテーブル。
inventory	在庫	在庫情報を格納するテーブル。
play_data	ゲーム結果	ゲーム結果を格納するテーブル。

次の図はテーブルの詳細項目を示している。

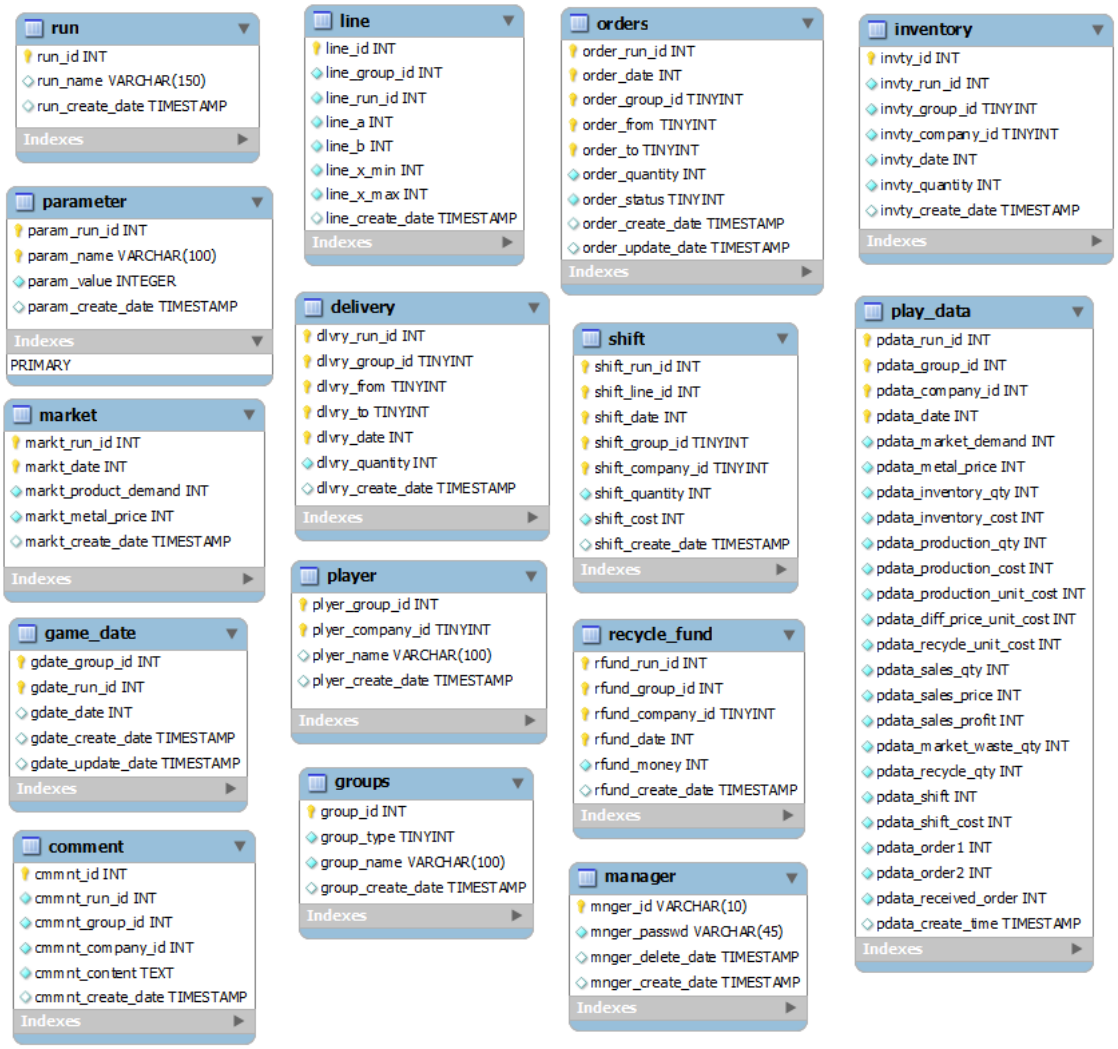


図 21　テーブルの詳細項目

４．１０．実装

ユーザーは簡単にゲームを参加できるように、ソフトウェアをインストールせず、ウェブでゲームを行う設計をした。ブラウザがあればだれでもゲームを参加することができる。

循環型サプライチェーンゲームは下記のブラウザをサポートする。

Internet Explorer 6.0 - 8.0

Firefox 2.0 - 3.0

Opera 8.5 - 9.5

Safari 3.0

Google Chrome

世の中で多くのウェブアプリケーションは図 23 のモデルで動いている。

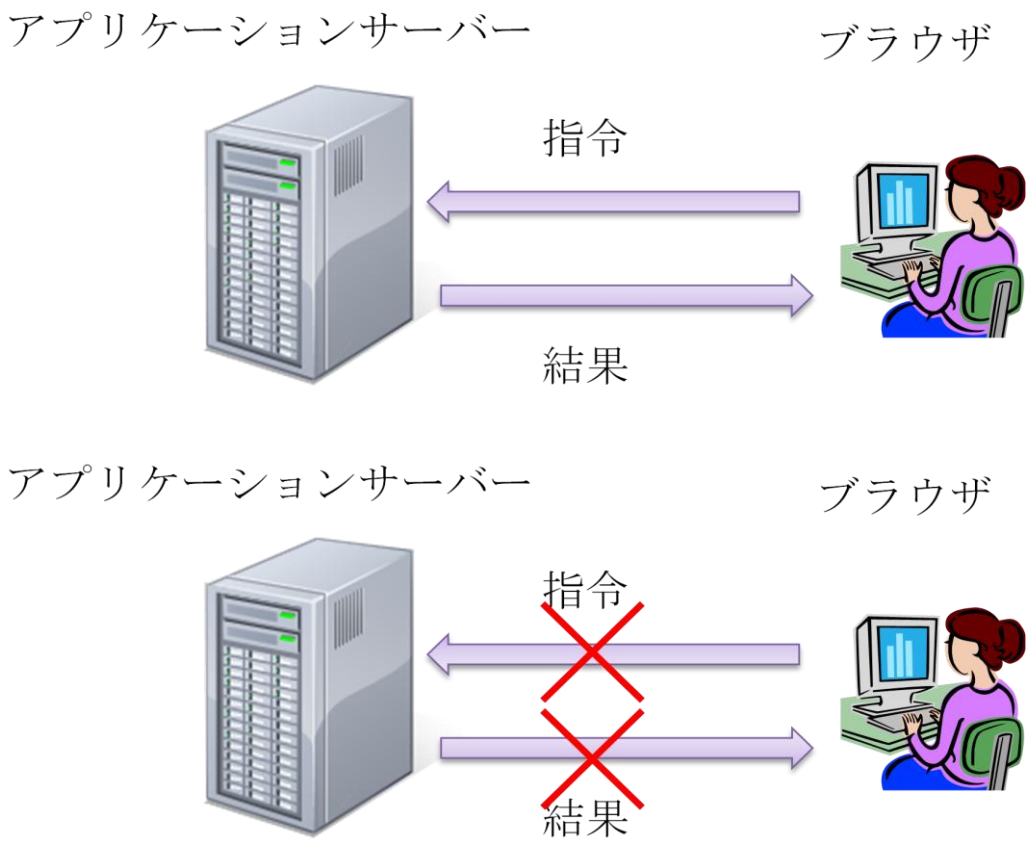


図 22 ウェブアプリケーションのモデル

ユーザーはブラウザで何か指令（クリック）を出し、ウェブアプリケーションサーバーはその指令に基づいて、結果をユーザーに返す。ユーザーは何もしないなら、何の結果も返さないし、画面上の変化もない。

ユーザーが何か動かないと、新しい情報の自動更新ができない。

上記のモデルに従って、実装する時、2 つ難問を直面した。

① ゲーム自動進行の制御である。今月のゲームを終わるとどのようにゲームを次の月に進ませるか。そして次の月のゲーム情報をどのようにリアルタイムで各参加者の画面上に表示するか。図 24 はゲームが 2 月から 3

月に進行するケースである。2 月のゲームは終わると、どのように 3 月のゲームに自動進むか。そして、3 月の情報をどのように各参加者にリアルタイムで伝えるか。同じグループの参加者は同じゲーム時間になる。

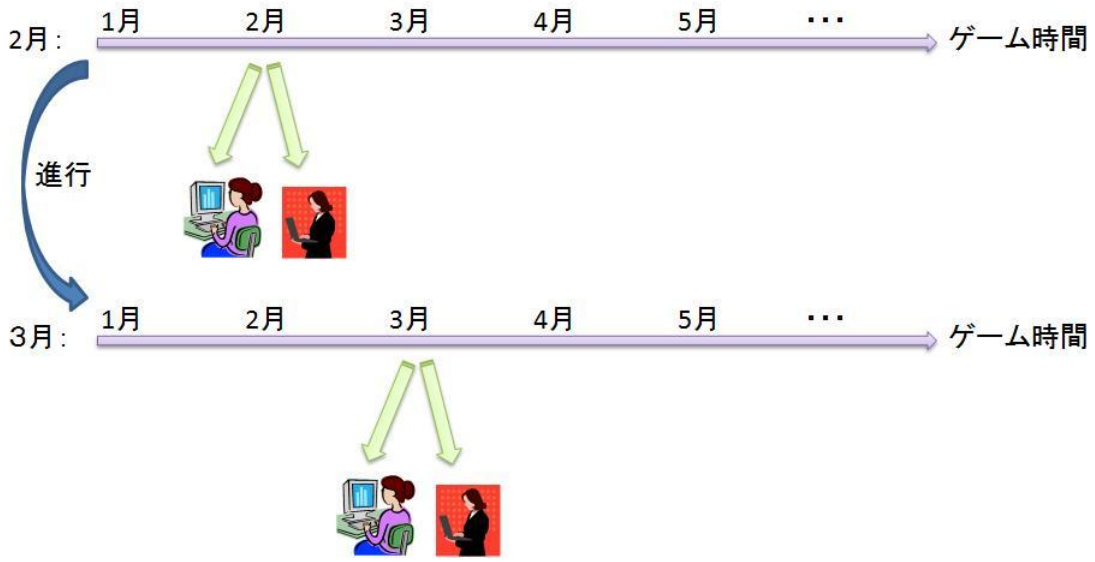


図 23　ゲームの進行制御

② 参加者状況の自動共有である。同じグループの参加者の状態をどのように他の参加者に伝えるか。全部の注文が完了しないと、ゲームは次の月に進めない。誰が注文したか誰がまだ注文していないかその状況をリアルタイムで、グループ内に共有する必要がある。図 25 に参加者 1 と参加者 2 の間に状況の共有が必要である。

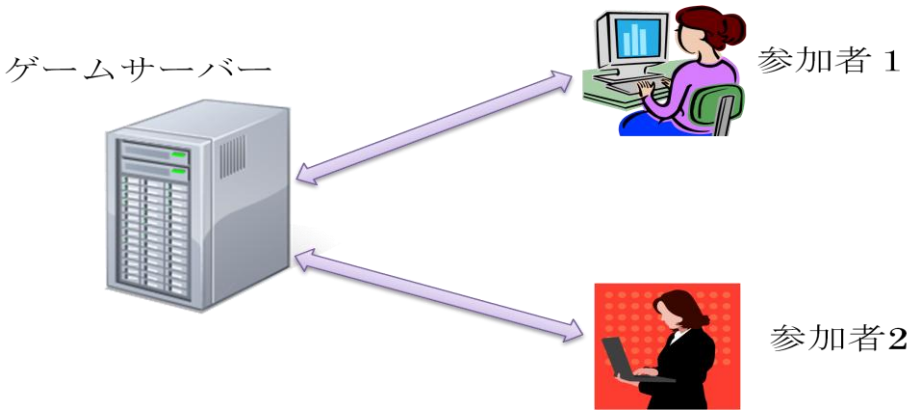


図 24　参加者状況の共有

その 2 つ難問を解決するため、多くのウェブ技術を調査した。最後、Ajax 技術を選んだ。「Ajax（エイジャックス、アジャックス、アヤックス）は、ウェブブラウザ内で非同期通信とインタフェースの構築などを行う技術の総称。XMLHttpRequest（HTTP 通信を行うための JavaScript 組み込みクラス）による非同期通信を利用し、通信結果に応じてダイナミック HTML で動的にページの一部を書き換えるというアプローチを取る[31]。」Ajax のフレームワークは RichFaces を使っている。RichFaces は次のように紹介されている。

「RichFaces is a component library for JSF and an advanced framework for easily integrating AJAX capabilities into business applications[32].」

RichFaces の Poll 機能を使えば、ユーザーの指令がなくてもウェブアプリケーションサーバーから結果を取得し、ユーザーのブラウザを自動更新することができる。

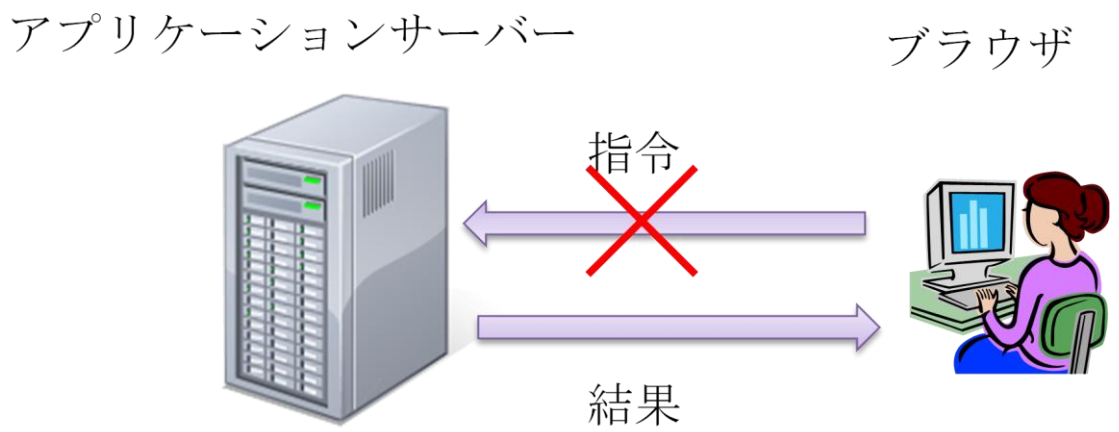


図 25　RichFaces Poll 機能

アプリケーションサーバーで、定時に実行する Java バッチがゲーム自動進行の制御を行って、各種情報の自動更新は RichFaces Poll 機能で実現する。その 2 つ難問を解決することができた。

しかし、パフォーマンスの問題がある。RichFaces Poll 機能は確かにユーザーの指令が要らないが、ブラウザから定時にアプリケーションサーバーを訪問し、取得した結果をユーザーのブラウザに返す仕組みである。

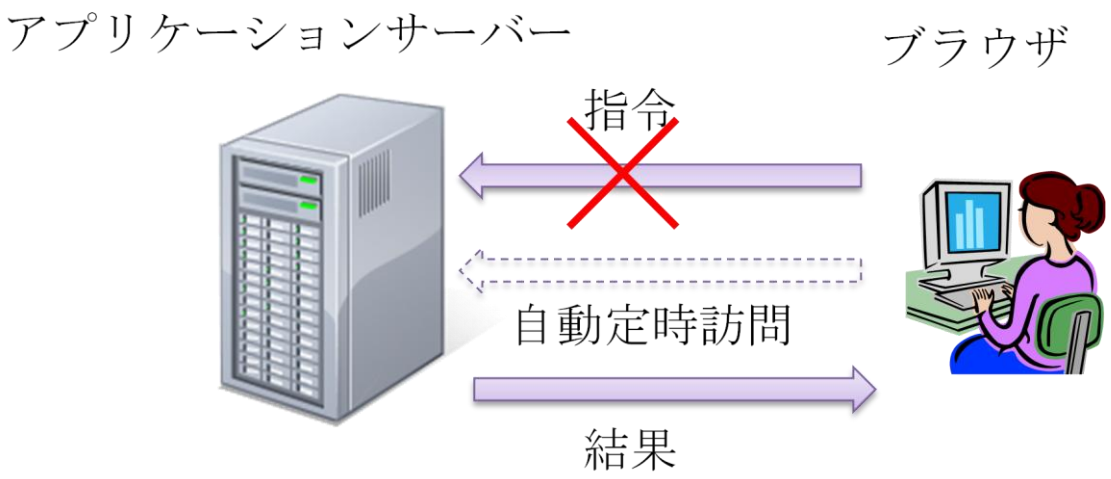


図 26　RichFaces Poll の自動定時訪問

サーバーに訪問する時、サーバーに負荷をかかるので、定時訪問時間の設定によって、パフォーマンスが変わる。

現在、30 秒一回 Java バッチを実行し、初期値は 30 秒一回のブラウザ自動訪問を行う。その設定で、画面が 30 秒ごとに自動更新することになる。画面更新時間が短くしたい場合、サーバーのメモリ増加などの措置がお薦める。

４．１１．ゲームのパラメータ分析

ゲームのパラメータは、ゲームの結果に対して影響を与える。市場需要と金属価格がランダムに生成し、同じ注文戦略でゲームを複数回行った。リサイクル会社への注文量が一定の注文量より少ない場合、リサイクル会社がよく赤字になる。現実ではパソコンの生産者は、リサイクル会社に一定の注文量を義務付けたほうがよいと考えられる。そして、リサイクル会社が 1 台のパソコンをリサイクルした場合にもらう補助金は、各生産者（素材会社、部品会社、組立会社、販売会社）が１台のパソコンを生産する場合払うリサイクル費用の合計にしたとしても、リサイクル基金が赤字にならないことが分かった。

４．１２．検証

2010 年 01 月１６日、慶応義塾大学協生館の３階で、循環型サプライチェーンゲームの検証を行った。学生７名を集め、ゲームを行った。進捗役は１名、販

売会社、組立会社、部品会社、素材会社の各役割は１名、リサイクル会社の役割は２名という役割分担にした。ゲームは二回を行った。一回目は何の戦略もせず、自分の直感で 10 カ月間のゲームを行った。次の表はゲームが終了した時点で、各会社の純利益。部品会社が素材会社にあまり注文していなかったので、素材会社が大赤字になった。

表 10　一回目ゲームでの各会社の純利益

会社	純利益
販売会社	-40
組立会社	3040
部品会社	1040
素材会社	-55503
リサイクル会社	1851

次の図はゲームで各会社の月ごとの純利益変動を示す。

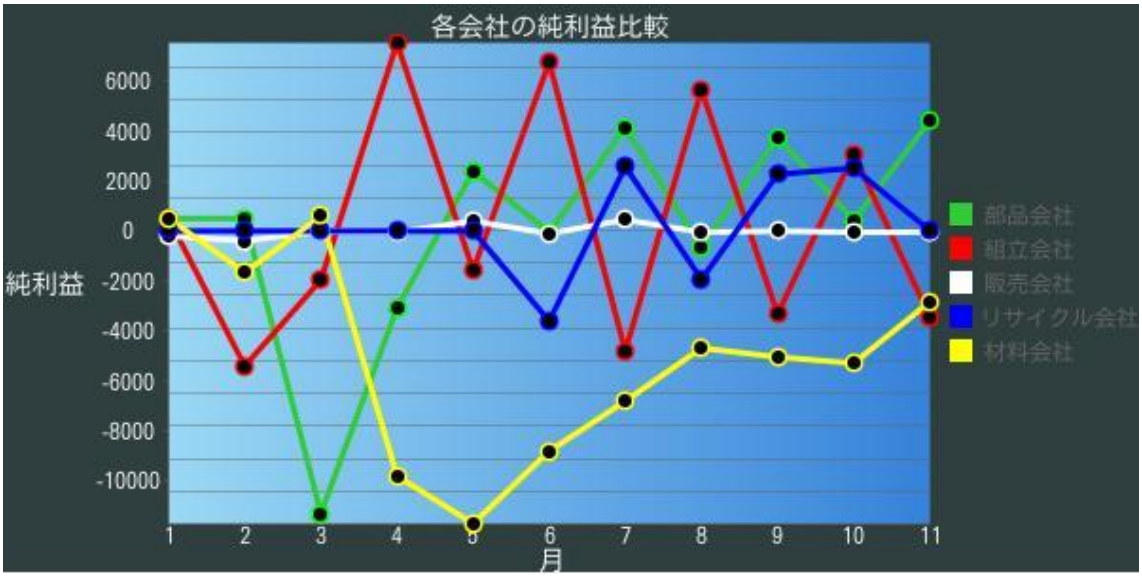


図 27　一回目ゲームにおける各会社の月ごとの純利益変動

ゲームの結果はリサイクル率が 34%、全体の純利益は-4961、リサイクル基金の残高が 8320 となっている。リサイクル率が低くて、大赤字になっている。何の戦略もせず、適当にゲームをやることはうまく行かない。ゲームと同じ、リ

サイクルビジネスに新規参入する場合、何の戦略も立てず、適当にビジネスを展開するなら、うまく行かないと考えられる。

二回目は戦略を立て、20 カ月間のゲームを行った。

次の表は二回目のゲームで各会社の純利益。

表 11　二回目ゲームでの各会社の純利益

会社	純利益
販売会社	-4400
組立会社	8330
部品会社	2615
素材会社	5605
リサイクル会社	11335

次の図はゲームで各会社の月ごとの純利益変動を示す。

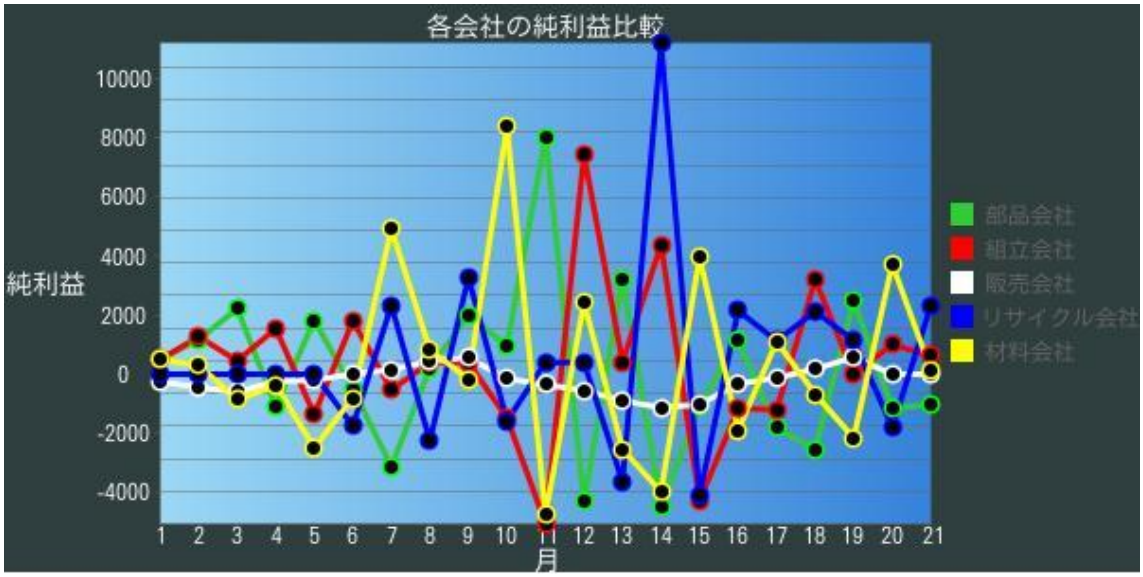


図 28　二回目ゲームにおける各会社の月ごとの純利益変動

ゲームの結果はリサイクル率が 36%、全体の純利益は 23485、リサイクル基金の残高が 19800 となっている。リサイクル率がまだ低いが、利益が出た。正しい戦略を作成すれば、ゲームで利益を上げることが可能である。ゲームと同じ、

リサイクルビジネスに新規参入する場合、正しい戦略を立つことが重要と考えられる。

循環型サプライチェーンゲームを通して、参加者達はパソコンリサイクルビジネスの仕組み、リスク、チャンスを体験できた。ゲームの改善につながる多くのコメントもあった。

表 12　コメント一覧

役割	コメント	改善方式
販 売会社	販売コストが大きすぎて利益がなかなか出ない。	対応しない。注文戦略によって、利益が出る。
	全部の会社の受注・生産量が見られるとよい。	対応しない。各会社の受注、生産量は他社に見せない仕組みを取っている。
組 立会社	受注量、販売量、生産量の定義を詳しく説明する画面があるとよい。	ゲームを説明する資料をダウンロードできるようにする。
	受注量、生産量、販売量も推移のグラフも見られるとよい。	次のバージョンで対応する。
	純利益は金額だけでなく先月比もあるとよい。	次のバージョンで対応する。
部 品会社	難しい。グループでルールを決めてしまうと、ただの作業になっちゃうから、ゲームにする意味がなくなっちゃうかな。	注文の方向性のみ決めて、注文の計算式まで決めないでゲームを行う。
	アニメーションも出来ると欲しい。	次のバージョンで、検討する。
	金属価格も見ながら発注量を考えないといけないと気づく。	
	毎月変動幅が大きい。	
	待ち時間短くさくさくやりたい。	注文の方向性のみ決めて、注文の計算式まで決めないでゲーム

		を行う。 サーバーのメモリを増加し、待ち時間を30秒から10秒にする。
	金属市場は会社じゃないから、SCM全体のことを考えて発注量を維持するなどは気にしなくていいのかも。	
	戦略ルールで、前月の受注量+-20%を発注しなきゃいけないことが、金属価格に応じた発注量の調整を難しくしていた。	
	生産効率から 80-120 の範囲でなるたけ生産したいのに、受注量が大幅に少なすぎるせいで効率が悪くなってしまっていた。	
リサイクル会社	Waiting time is too long.... takes too much to finish one game。	注文の方向性のみ決めて、注文の計算式まで決めないでゲームを行う。 サーバーのメモリを増加し、待ち時間を30秒から10秒にする。
	Is it possible to have a standalone version of this game?	

第５章　結論課題

５．１．結論

本研究では、新しくリサイクル事業に参入しようとする者にビジネスの理解を深めるための循環型サプライチェーンゲームを開発する。循環型サプライチェーンゲームを使ってもらうことによって，新しい法律の下で、パソコンリサイクル事業のリスクとビジネスチャンスを理解してもらう。

循環型サプライチェーンシミュレーションの従来研究が多数ある。しかし、複数のユーザーでビジネスを体験できるような循環型サプライチェーンゲームはまだない。特に本研究は中国の新リサイクル仕組みをモデル化したことに特徴である。なお、本研究のサプライチェーンゲームはコスト曲線のシフト機能などを含む工程再構築(changeability)にもう１つの特徴である。

本研究の最大の成果は、中国の新リサイクルの仕組みをモデル化した循環型サプライチェーンゲームの基盤を開発したことである。中国における家電リサイクル法が策定され、リサイクルの全体図を描いているが、具体的なやり方はまだ検討中である。詳細が決まり、中国の新リサイクル仕組みが確立するまでまだ長い時間がかかると考えられる。循環型サプライチェーンゲームによって、新リサイクル仕組み変動と新しいビジネスの体験を提供することができる。

ゲームのパラメータは、ゲームの結果に対して影響を与える。市場需要と金属価格がランダムに生成し、同じ注文戦略でゲームを複数回行った。リサイクル会社への注文量が一定の注文量より少ない場合、リサイクル会社がよく赤字になる。現実ではパソコンの生産者は、リサイクル会社に一定の注文量を義務付けたほうがよいと考えられる。そして、リサイクル会社が 1 台のパソコンをリサイクルした場合にもらう補助金は、各生産者（素材会社、部品会社、組立会社、販売会社）が１台のパソコンを生産する場合払うリサイクル費用の合計にしたとしても、リサイクル基金が赤字にならないことが分かった。パラメータの what-if 分析を行って、経営の視点を身につけることができる。

実際に慶応大学システムデザイン・マネジメント研究科の学生にこのビジネスゲームをやってもらって、新しい法律の下で、リサイクルビジネスの仕組み、

リスク、チャンスが体験できた。気楽に参加できること、ゲームがスムーズに進行できること、ゲームが面白くてゲームが欲しいという感想があった。

５．２．今後の課題

①一人でゲームをできるようなアルゴリズムの開発

② 実社会を反映したパラメータ値の理論的構築

③ ゲームの普及と収益の確保を両立するビジネスモデルの構築

謝辞

終始熱心なご指導を頂いた慶応大学システムデザイン・マネジメント研究科の中野 冠教授に感謝の意を表します。

副査の日比谷孟俊教授，小木哲朗教授が論文を丁寧に審査していただき、誠にありがとうございます。

論文要旨の英語訂正をいただいた湊 宣明先生と論文の日本語訂正をいただいた柄井　匡さんに、心より感謝いたします。そして，循環型サプライチェーンゲームの検証に協力して下さった藤堂寧子さん、野中朋美さん、中野友道さん、倉本新弥さん、大橋隆太さん、Yudha Prambudia さんには，感謝の念にたえません。本当にありがとうございました。

References

[1] 中国統計年鑑, http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/ (2009 年 12 月 23 日現在)

[2] Liu Xiaoli,'Estimation of WEEE Generation in China', China Population, Resources and Environment, Vol.15,No.5,pp.114-117, 2005

[3] 小柳秀明, 中国版家電リサイクル法がようやく公布－２年後の施行に課題 山積, 日経エコロミー, http://eco.nikkei.co.jp/column/eco-china/article.aspx?id=MMECcj000016032009&page=1 (2009 年 12 月 23 日現在)

[4] 吉田綾, 中国におけるリサイクル, アジアにおけるリサイクル(小島道一編集), アジア経済研究所, pp.225-249, 2008

[5] 中国版家電リサイクル法「廃棄電器電子製品回収処理管理条例」, http://www.gov.cn/zwgk/2009-03/04/content_1250419.htm (2009 年 12 月 23 日現在)

[6] 石川弘道, 高崎経済大学論集, Vol.51, No. ４, pp.101-110, 2009

[7] 佐藤敦崇, 開沼泰隆, クローズド・ループ・サプライ・チェーンにおける VMI の有効性の検討, 日本情報経営学会誌, Vol.29, No.4, 2009

[8] 循環型サプライチェーン, http://mba.kobe-u.ac.jp/eureka/2009/090424/square/keyword/no.25shimada.htm(2010/02/10 現在)

[9] Samir K. Srivastava, 'Green Supply-chain Management: a State-of-the-art Literature Review', International Journal of Management Reviews,Vol.9,No.1, pp.53–80, 2007

[10] Dale S. Rogers,Ronald S. Tibben-Lembke,Going Backwards:Reverse Logistics Trends and Practices, Reverse Logistics Executive Council,pp.2,1998

[11] Zeng Mingang and Zhou Mingjian,'A Reverse Logistics Model for the Recycling of Scrap Computers', Industrial Engineering Journal,Vol. 9, No. 6, 2006

[12] Zhou Yu,Jia Peng,'on Fee Distribution of Electronic Waste Disposal',China Environmental Protection Industry,No.5,pp.22-27,2008

[13] Wu Li Ji-tu; Zou Song-tao,'Research on E-waste Recycling from the Venous Industry Perspective——Taking the Case of the Yangtze Delta Region',East China Economic Management,No.9,pp.22-26,2009

[14] パソコン３Ｒ推進協会，パソコンリサイクルの流れ http://www.pc3r.jp/home/recycle_flow.html（2010/01/18 現在）

[15] 東隅, 廃棄パソコン流通ルート調査, Sina 新聞, http://tech.sina.com.cn/other/2004-08-24/1819411443.shtml (2010/01/18 現在)

[16] 経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課, 日中国際資源循環実態調査報告書, p. 71-73, 2004

[17] 株式会社ＮＴＴデータ経営研究所, 中国・韓国・台湾リサイクル動向調査報告書, p. 36-37, 2005

[18] Li Qing, Yang Zhuanping, 青島市で廃棄電子製品回収システムの調査レポート, 2007

[19] パソコン３Ｒ推進協会, パソコンリサイクル概要, http://www.pc3r.jp/home/index.html（2010/01/18 現在）

[20] 中華人民共和国クリーン生産促進法, http://www.china-epc.cn/japan/CNE/CNE04_14.htm(2010/01/18 現在)

[21] 中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法, http://www.china-epc.cn/japan/CNE/CNE04_14.htm(2010/01/18 現在)

[22] 中華人民共和国省エネルギー法, http://nedo.org.cn/laws/laws080109_3.pdf(2010/01/18 現在)

[23] 中華人民共和国循環型経済促進法, http://www.china-epc.cn/japan/CNE/CNE04_78.htm(2010/01/18 現在)

[24] 日本貿易振興機構, アジア経済研究所, 平成 19 年度アジア３R 協力基礎調査事業報告書, p. 56, 2008

[25] 林勲, 田原正弘, 最新ビジネスゲーム入門, 日本能率協会, pp. 11-17, 1982

[26] 慶応大学システムデザイン・マネジメント研究科の V モデル定義, http://www.sdm.keio.ac.jp/concept/index.html(2010/01/22 現在)

[27] Krista M. Donaldson, Kosuke Ishii, Sheri D. Sheppard, ” Customer Value Chain Analysis, “Research in Engineering Design”, Vol.16, No.4, pp.174-183, 2006

[28] 島田俊郎, システムダイナミックス入門, 日科技連, pp.171～176, 1994

[29] Thomas M. Corsi,Sandor Boyson,Alexander Verbraeck,Stijn-pieter Van Houten,Chaodong Han,John R. Macdonald, ‘The Real-Time Global Supply Chain Game: New Educational Tool for Developing Supply Chain Management Professionals’, Transportation Journal, Vol.45 ,No.3,pp.61-73 ,2006

[30] TAC SCM game, http://www.sics.se/tac/page.php?id=13 (2010/01/25 現在)

[31] Ajax, http://ja.wikipedia.org/wiki/Ajax(2010/01/28 現在)

[32] RichFaces, http://www.jboss.org/richfaces(2010/01/28 現在)

付録１：循環型サプライチェーンゲームの操作マニュアル

１．ゲームの作成する

（１）http://131.113.250.152:13880/scg/index.jsp にアクセスし、循環型サプライチェーンゲームのトップページを開く。

※URL は 2010/01/28 現在の URL である。

付図 1　トップページ

（２）トップページの右下側の「管理画面へ」リンクをクリックし、管理者ログイン画面に遷移する。

付図 2　管理者ログイン画面

（３）管理テーブル（manager）に登録した管理者 ID とパスワードを入力し、「管理画面

へ」ボタンをクリックし、管理画面に遷移する。

※登録した管理者 ID は admin、パスワードは admin。（2010/01/29 現在）

付図 3　管理画面の一部

（4）管理画面に記述しているゲーム作成手順に従って、ゲームの作成を行う。

①パラメータの設定

「パラメータを変更する」ボタンをクリックし、パラメータを変更するポップアップでパラメータの変更を行う。

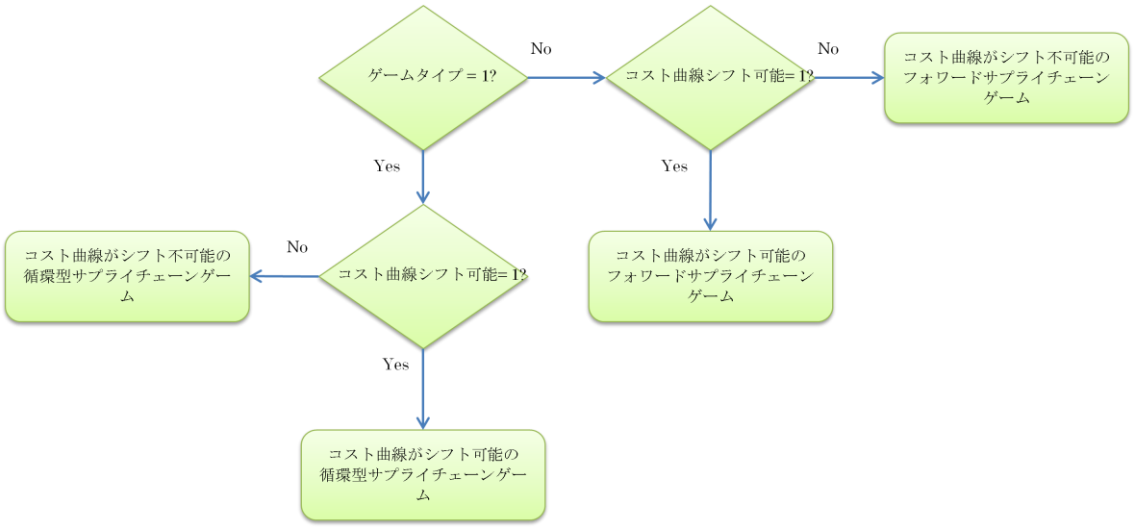
付図 4　パラメータを変更するポップアップ

付表 1　パラメーター一覧表

パラメータ	説明
ゲームタイプ	1 をセットする場合、循環型サプライチェーンゲームになる。0 の場合、フォワードサプライチェーンゲームになる。
廃棄になる時間	循環型サプライチェーンゲームの場合は有効。消費者（市場）に販売した商品は何カ月を経つと廃棄にあるか。

在庫コスト	1 個商品の在庫コスト
販売価格	商品が販売する時の価格。しかし、循環型サプライチェーンの場合、この価格は標準価格となる。商品の価格は金属の価格である。金属の価格と標準価格の差額は生産コストに計上される。
コスト曲線シフト可能	生産/販売のコスト曲線のシフトすることが可能か。1 の場合：可能。0 の場合：不可能。
シフトコスト	コスト曲線がシフト可能の場合、一回シフトのため、払う金額。
一回シフト範囲	コスト曲線が一回シフト可能の範囲。
シフト反映タイミング	何カ月を経つとシフトした量が有効になる。
販売会社初期在庫量	販売会社の初期在庫量
組立会社初期在庫量	組立会社の初期在庫量
部品会社初期在庫量	部品会社の初期在庫量
素材会社初期在庫量	素材会社の初期在庫量
販売会社初期注文量	販売会社の初期注文量
組立会社初期注文量	組立会社の初期注文量
部品会社初期注文量	部品会社の初期注文量
素材会社初期注文量	素材会社の初期注文量
リサイクル費用負担	素材会社、部品会社、組立会社が一個商品を生産する場合、払うリサイクル費用。販売会社が一個商品を販売する場合、払うリサイクル費用。
リサイクル補助金	リサイクル会社が一個廃棄商品をリサイクルする場合、もらうリサイクル補助金。
リサイクル会社への最小注文量	毎月素材会社はリサイクル会社への最小注文量。
画面自動更新時間	サーバーから最新データを取得し、画面に反映する時間。

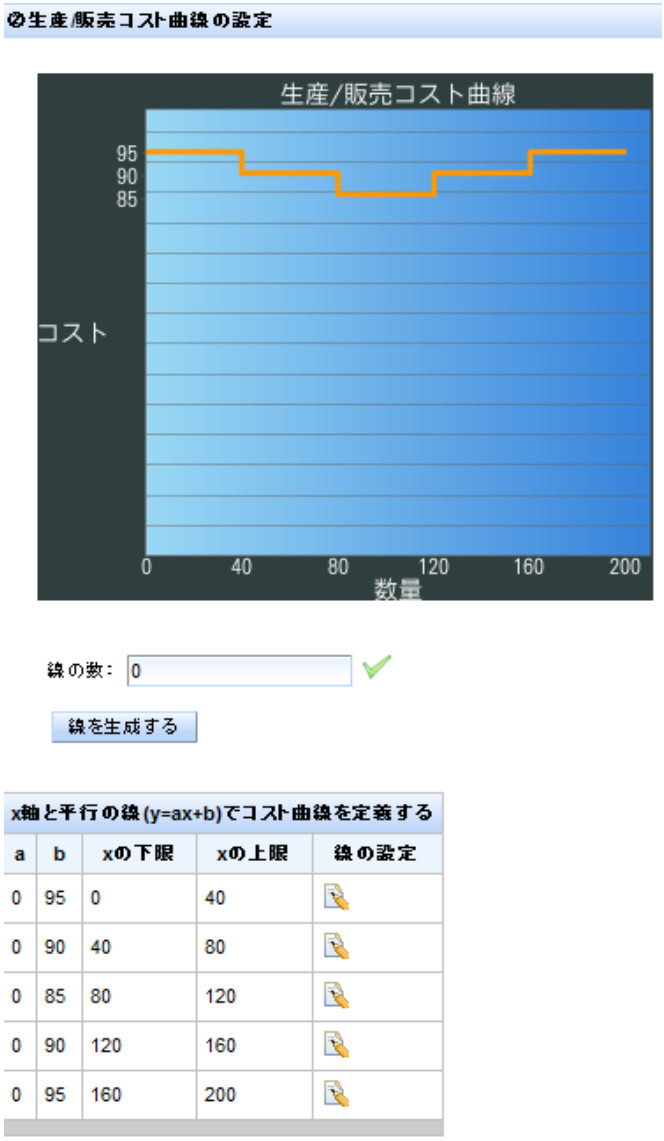
パラメータの設定によって、４種類のサプライチェーンゲームを生成できる。



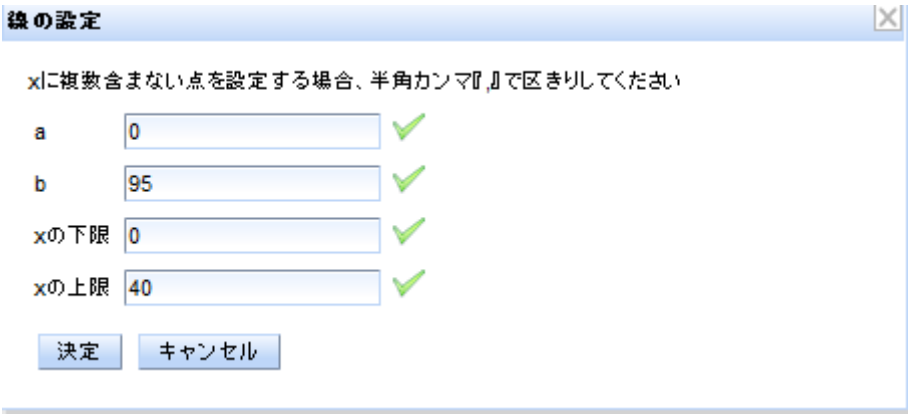
付図 5　４種類のサプライチェーンゲーム

④　生産/販売コスト曲線の設定

生産/販売コスト曲線図を参照しながら、各線の設定を行う。図 31 の線の設定の編集リングをクリックすると、線の設定ポップアップで、線の設定を行う。



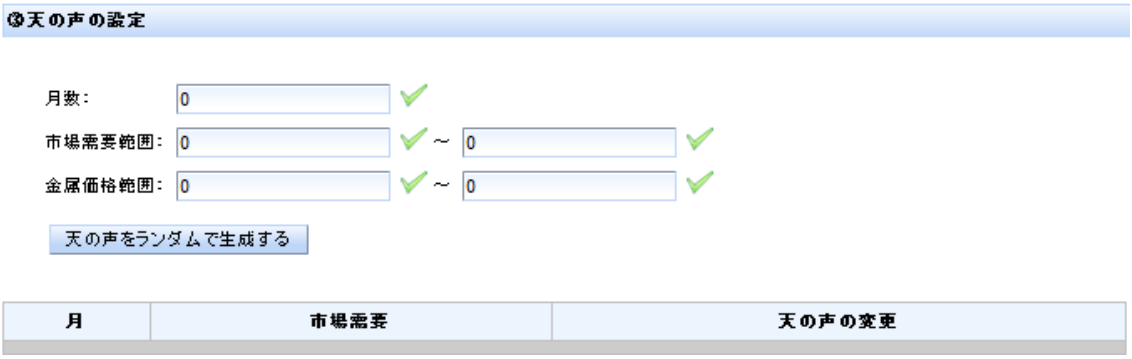
付図 6　生産/販売コスト曲線の設定



付図 7　線の設定ポップアップ

⑤ 天の声の設定

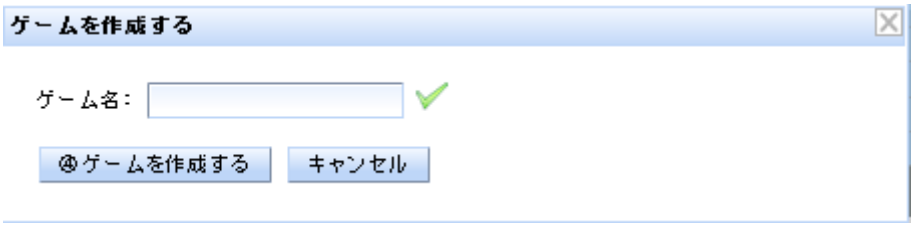
ゲームの月数、市場重要の範囲、金属価格の範囲を入力し、「天の声をランダムで生成する」ボタンをクリックすると、天の声がランダムで生成される。生成された天の声は天の声の変更リングで、変更することは可能である。



付図 8　天の声の設定

⑥ ゲームを生成する

「④ゲームを生成する」ボタンをクリックして、ゲームを作成するポップアップで、ゲーム名を設定し、ゲームの生成を行う。



付図 9　ゲームの作成ポップアップ

生成されたゲームの ID は図 29 のゲーム ID のところに表示される。

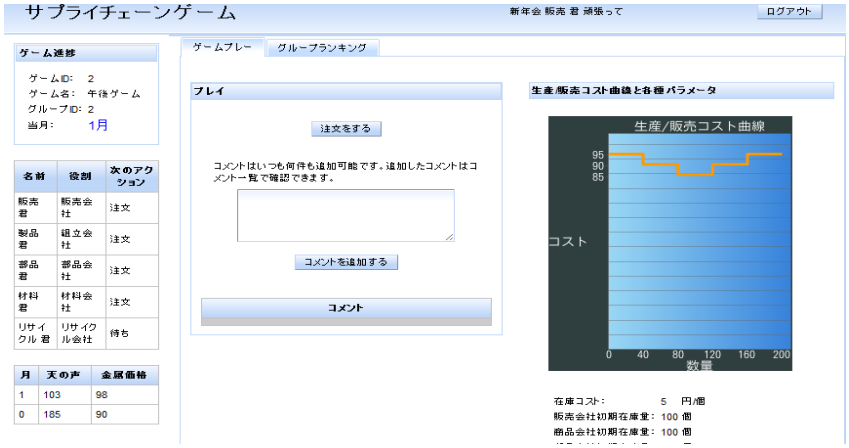
２．グループを作成する

① トップページで、「グループを作成する」リンクをクリックし、ゲームを作成する画面に遷移する。グループ名と各役割の担当者名前を入力し、「グループを作成する」ボタンをクリックすると、グループ作成完了画面に遷移し、グループが作成される。グループ作成完了画面で、グループ ID を確認することができる。

付図 10　グループ作成画面

３．ゲームを行う

①トップページで、ゲーム ID、グループ ID、参加者 ID を入力し、「ゲームを参加する」ボタンをクリックすると、ゲームプレー画面に遷移する。ゲームプレー画面で天の声、自分の在庫状況、利益状況を確認しながら、「注文をする」ボタンをクリックし、注文を行う。



付図 11　ゲームプレー画面

付録２：循環型サプライチェーンゲームのインストールマニュアル

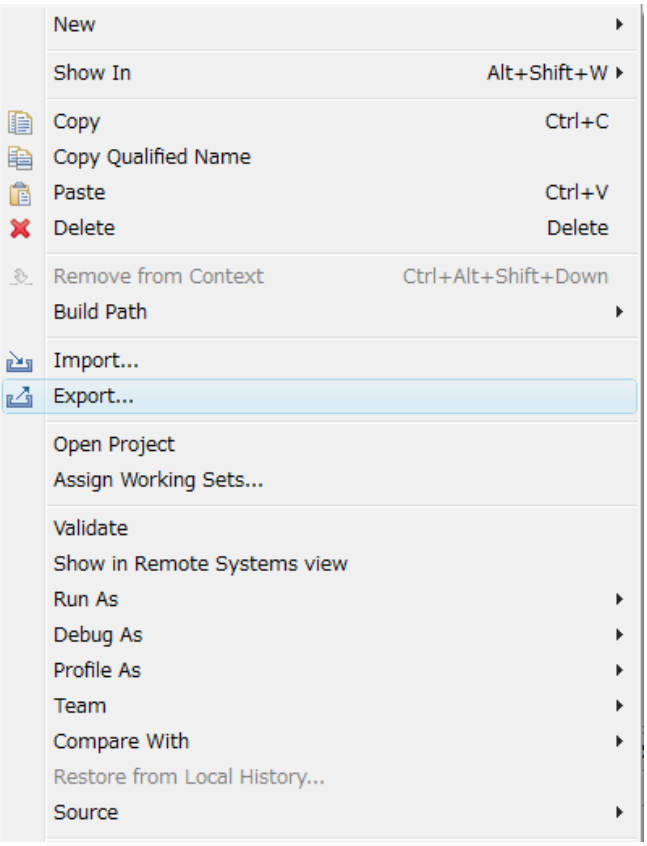
１．下記のように、ログ設定ファイル log4j.properties でログファイルのパスをサーバー環境に設定する。

log4j.appender.csg.file=/var/lib/tomcat6/logs/scg.log

２．War ファイルを作成する。

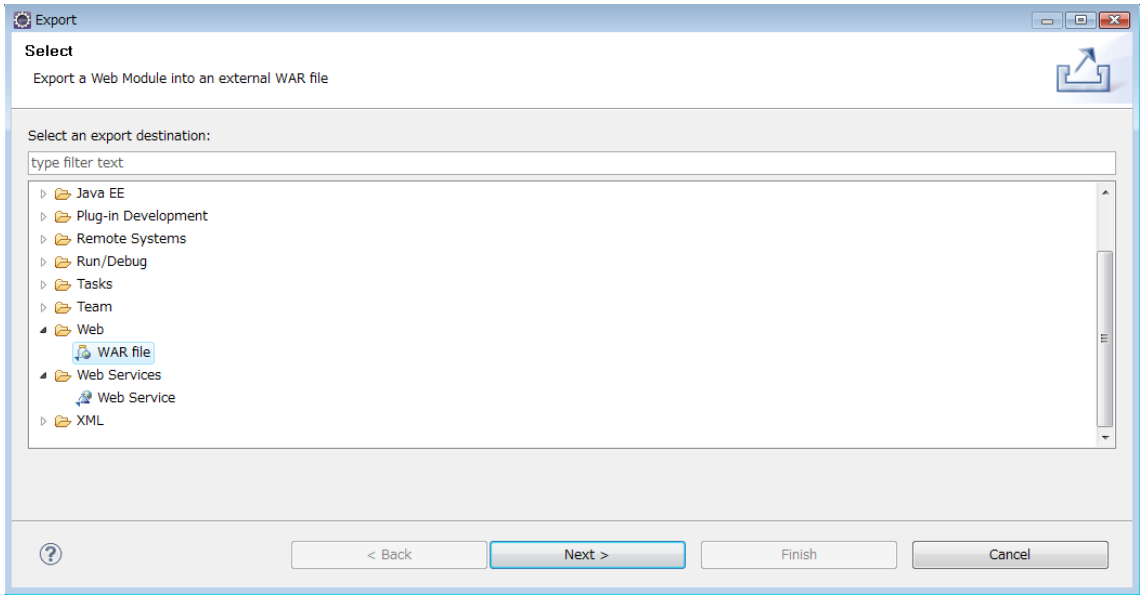
開発のツールは Eclipse を使うので、eclipse で war を作成する方法を説明する。

① 「Package Explore」で war ファイルを生成したい project を右クリックする。下記のように Export を選択する。



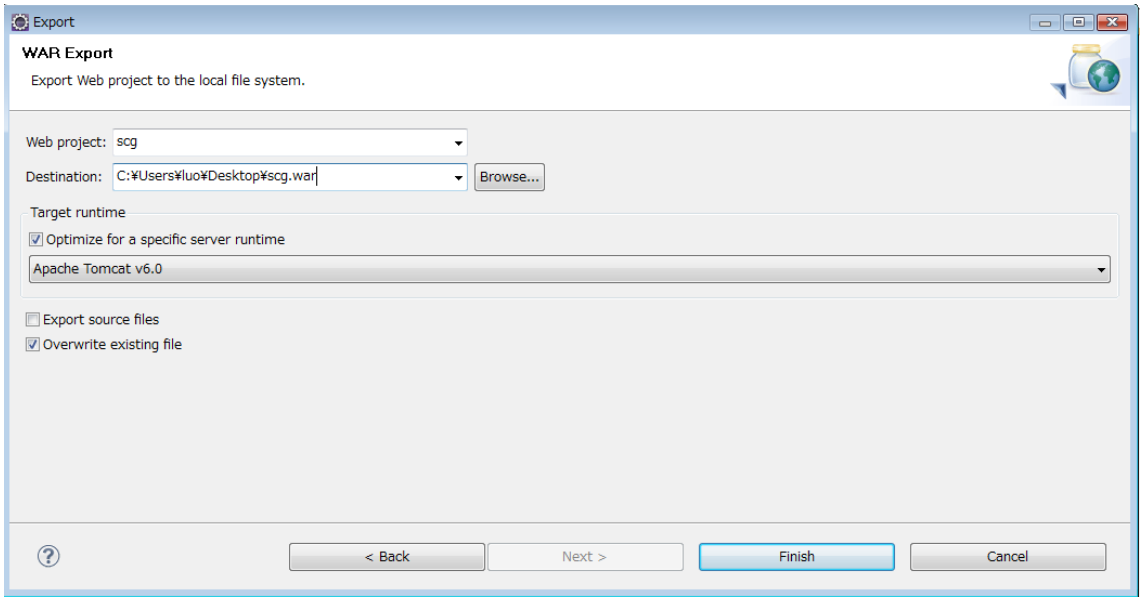
付図 12　Export 選択

② war ファイルの作成を選択し、「Next>」ボタンをクリックする。



付図 13 war ファイル選択

③ war ファイルの出力先を選択し、「Finish」ボタンをクリックすると、war ファイルが作成される。次の図の設定は scg.war という war ファイルが生成される。



付図 14　war ファイル作成

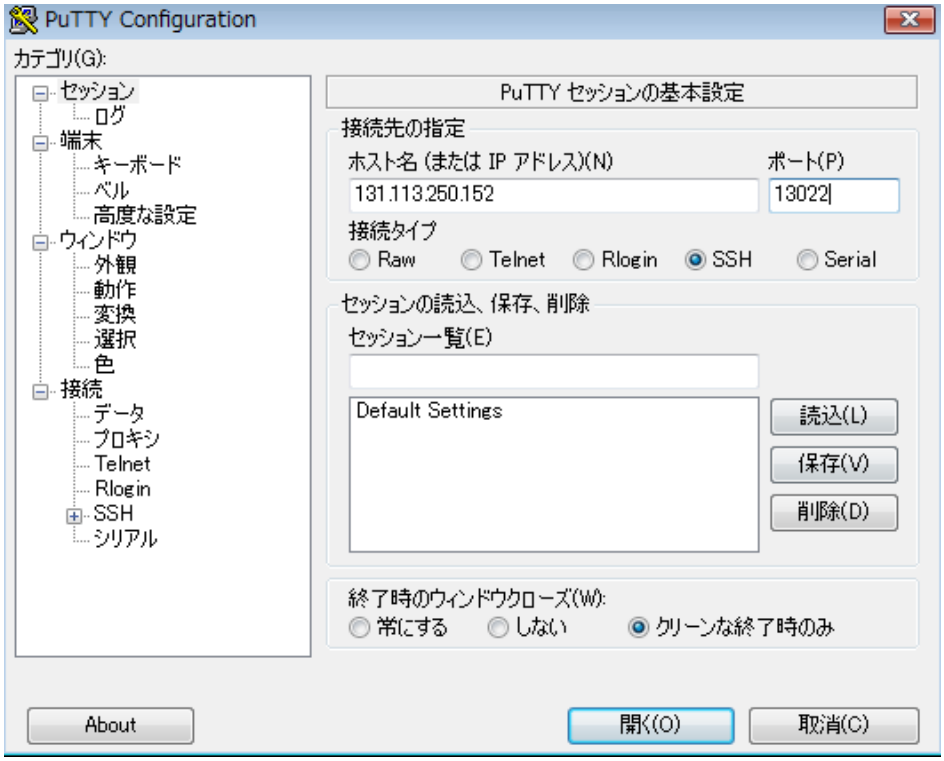
3． WinSCP でサーバーと接続し、/home/nakanolab のフォルダに war ファイルを転送する。

付図 15 WinSCP の接続情報設定

付表 2　接続情報

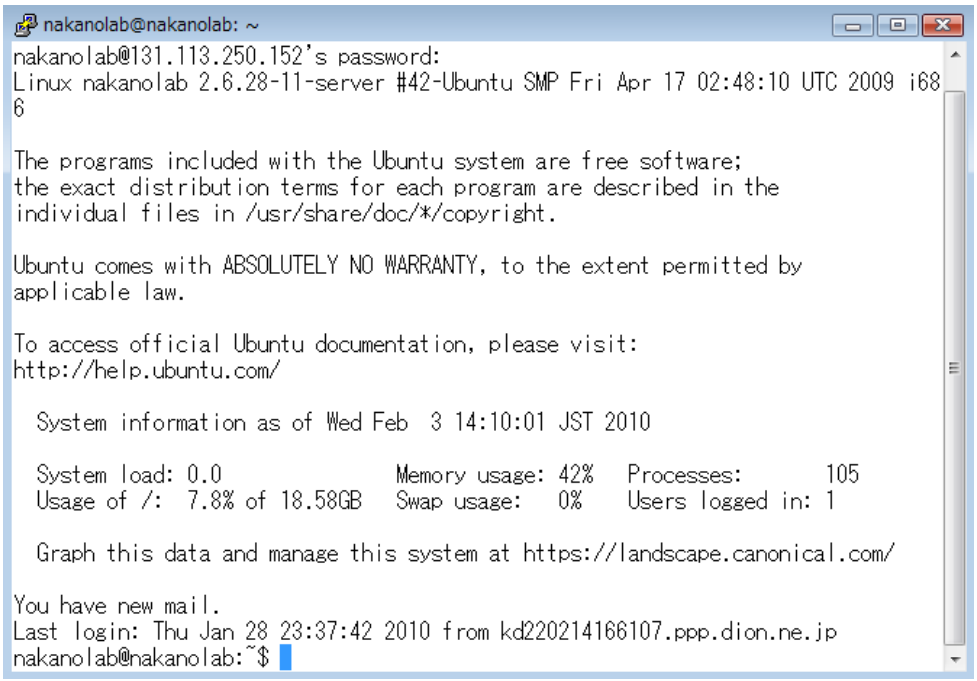
ホスト名	131.113.250.152
ポート番号	13022
ユーザー名	nakanolab
パスワード	sdmnakanolab

4． Putty でサーバーと接続し、サーバーにログインする。接続情報は付表 2 と同じ。



付図 16　putty の接続情報設定

ログイン成功の場合、下記のような情報が表示される。



付図 17　putty でログイン成功した画面

３．war ファイルを tomcat に動かせる。

① 下記の命令で war ファイルの配置先に遷移する。

cd /var/lib/tomcat6/webapps/

② 下記の命令で tomcat を停止させる。パスワードが必要の場合、nakanolab ユーザーのパスワードを入力する。

sudo /etc/init.d/tomcat stop

③ 下記の命令で tomcat が停止したかを確認する。

ps -ef | grep tomcat

「1000 17489 16953 0 14:20 pts/1 00:00:00 grep tomcat」のような結果表示される場合、tomcat が停止された。

「root 17384 17369 0 14:20 ? 00:00:00 /bin/sh -c /bin/sh /var/lib/apac
he-tomcat-6.0.20/webapps/scg_batch/scg.sh & sleep 30;/bin/sh /var/lib/apache-tom
cat-6.0.20/webapps/scg_batch/scg.sh」のような結果が表示される場合、tomcat がまだ停止されていないので、停止までを待ち。

④ 下記の二つ命令を実行して、既存のサプライチェーンファイルを削除する。

sudo rm -fr scg.war

sudo rm -fr scg

⑤ 下記の命令で転送した war ファイルを現在の場所にコピーする。

sudo cp /home/nakanolab/scg.war .

※現在の場所は「.」点で表示する。

⑥ 下記の命令で tomcat を再起動し、インストールは完了になる。

sudo /etc/init.d/tomcat start