

令和 4 年 8 月 29 日現在

機関番号：33108

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22899

研究課題名（和文）法律の効果について二手先を予測するシステム開発に関する研究

研究課題名（英文）Development of a system to predict further ahead about the effects of the law

研究代表者

中村 誠（Nakamura, Makoto）

新潟工科大学・工学部・教授

研究者番号：50377438

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、法律制定後の二手先の予測をするモデルを提案し、数年後に与える社会的、経済的な効果を予測することで政策決定に必要な新たな判断材料を提供することである。ここでは法律施行直後の効果を一手先、さらにその先の人間の行動を反映した状態を二手先という。本研究では労働契約法を取り上げ、Q学習を行う会社エージェントと労働者エージェントからなる人工労働市場のマルチエージェントモデルを構築した。実験の結果、有期雇用労働者の雇い止めが法改正によって発生したことを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

法律は、政府が主導する政策に沿って制定され、社会的、経済的な効果をもたらすことが期待される。しかし、必ずしも当初の予想通りの効果をもたらされるとは限らない。この原因は、政策を決定した段階において、法律施行直後の効果の予測（一手先の予測）ができて、さらにその先の人間の行動を反映した予測（二手先の予測）が事前にできないことにある。すなわち、これが実現できれば、それを補うべくより効果的な政策が期待できる。雇い止めの問題は、昨今大きく騒がれている問題である。この問題をシミュレーションによってその原因を確認したことは、社会的意義が大きいと考えることができる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to propose a model that predicts two moves ahead after a law is enacted, and to predict the social and economic effects of the law several years later, thereby providing new decision-making tools for policy making. Here, the effect immediately after the law is enacted is called one move ahead, and the state reflecting human behavior further ahead is called two moves ahead. In this study, we take up the Labor Contract Act and construct a multi-agent model of an artificial labor market consisting of company agents with Q-learning and worker agents. The experimental results confirmed that the employment termination of fixed-term workers occurred due to the amendment of the law.

研究分野：知能情報システム

キーワード：労働契約法 マルチエージェント シミュレーション 雇い止め Q学習

### 1. 研究開始当初の背景

法律とは、社会を動かすプログラムである。すなわち、政府が主導する政策に沿って制定され、社会的、経済的効果をもたらすことが期待される。政策の立案段階において、重要な項目は効果の予測を立てて法案に盛り込まれるが、法律の効果はさまざまな形で現れ、必ずしも当初の予想通りの結果になるとは限らない。

ここで、韓国の雇い止めの問題を例に取り上げる。韓国では2007年(平成19年)、非正規職労働者の雇用条件を是正するため「非正規職保護関連法」が施行された。これにより、有期雇用労働者は、2年を越えて働けば無期契約になったとみなされるようになる。ところが、この法律が原因で、2年未満で雇い止めとなった労働者が多数出ることとなった。すなわち、無期雇用労働者を増やすことが目的のはずの法改正によって、かなりの有期雇用労働者が解雇されてしまうという本末転倒な事態に陥ることとなった。雇い止めとなった労働者は、次の職も非正規職である可能性が高く、技能が向上しないまま再び雇い止めという憂き目に遭うこととなる。この結果、経済格差が広がるという新たな問題が発生してしまった。日本においても、改正労働契約法が施行され、同様の問題が発生しつつあることから注目すべき課題である。

法の経済的効果を論ずる研究は、以前から活発に行われていた。それらは、ゲーム理論を代表とする数理的なアプローチを用いており、プレイヤーは必ず合理的な行動をしたり、完全情報ゲームであったりすることが仮定されているため、現実世界との乖離が少なからず存在する。この結果、問題は抽象的なものとなり、得られる解は単純なものであることが多い。

### 2. 研究の目的

法律が当初の予測通りの効果をもたらすかどうかの予測は簡単ではない。その原因は、政策を決定した段階において、法律施行直後の効果の予測(一手先の予測)ができて、さらにその先の人間の行動を反映した予測(二手先の予測)が事前にできないことにある。すなわち、これが実現できれば、それを補うべくより効果的な政策が期待できる。

したがって、本研究の目的は、法律制定後の二手先の予測をするモデルを提案し、数年後に与える社会的、経済的な効果を予測することで政策決定の新展開を図ることである。

本研究では、2012年の労働契約法の改正を例として取り上げる。この法改正により、有期雇用労働者は、5年以上働けば本人からの申請により無期転換ができるようになった。この改正法を遵守する会社と労働者からなる労働市場モデルを設計し、雇い止めが発生するメカニズムを分析する。

本研究は、本来の趣旨とは異なる法改正を行い、意図しない結果を招かないための指針を示す重要な役割を果たすことが期待される。

### 3. 研究の方法

本研究では、雇用者である会社エージェントと被雇用者である労働者エージェントが自律的に行動するというマルチエージェントシステムを採用した。エージェントは、法律を解釈することにより、知的かつ自律的に行動することが期待される。エージェントの学習には、Q学習を採用した。この学習アルゴリズムには、当初論理推論やマルコフ過程など検討されたが、最終的にQ学習に至った。また、シミュレーションの規模やエージェントの行動などの決定に多くの時間、計算資源、人員などのコストが費やされた。

会社エージェントは、会社が利益を上げるために社会情勢に応じた雇用方法を学習する。労働者エージェントは、失業、有期雇用、正社員の3つの状態に分かれる。失業状態になると、どの会社に入るかを決め、求職の申し込みをする。有期雇用の契約を解除するかどうかは、年度末に会社エージェントが決める。

シミュレーションをより現実の世界に近づけるために、実際のGDP、有期雇用労働者数、正規雇用労働者数のデータを使用する。GDPは、1年間に行うべき仕事量を数値化したものとして扱う。以下、GDPから算出される1年間の総仕事量を生産計画(PP)と定義する。一方、労働者の仕事量の総和である1年間の実現生産量をRPと呼ぶことにする。会社は労働者に仕事を配分する。労働者は年齢や経験年数に比例して仕事をこなす、それに応じた賃金が支払われる。企業は仕事量に応じて雇用を調整しなければならない。

会社の利益を追求するために雇用を適応させることを学び、PPの投入量として有期雇用労働者を何人雇うかを決定する。また、所定の年数に達した有期雇用労働者を無期雇用労働者に転換するかどうかも決定する。会社の意思決定にはQ学習アルゴリズムを用いる。

雇用契約は1年に1回、以下の手順で行われる。シミュレーションでは、これを40年間繰り返す。

1. 労働者エージェントは、定年を迎えた場合、退職する。有期雇用労働者は、満期を迎えると無期雇用自動的に切り替わる。無職のエージェントは仕事を探す。会社エージェントにランダムに応募し、採用または全企業から不採用となるまで続ける。新規に採用されたエージェントは、有期雇用労働者または無期雇用労働者エージェントとなる。労働者

働者は、15歳から働き始め、65歳で定年を迎える。また、定年になる前に辞めることもある。有期雇用、無期雇用にかかわらず、毎年10%の労働者がランダムに選ばれ、会社を辞める。

2. 会社エージェントは労働者を雇用する。退職者の数だけ新しい労働者を雇う。また、PPに応じて他の労働者も採用する。有期雇用か無期雇用かの判断は、Q学習で行う。
3. 会社エージェントは、GDPから算出されたPP値に従って製品を製造する。PPは全企業に均等に配分される。
4. 労働者エージェントは、仕事量に応じて会社から給料をもらう。仕事量は、年齢と勤続年数によって決定される。
5. 会社エージェントは、各有期労働者エージェントと契約を継続するかどうかを決定する。契約を継続する場合、労働者エージェントは有期雇用の身分を保持する。契約を打ち切れば、労働者エージェントは失業者となる。この判断においてもQ学習で行われる。

Q学習の詳細に関しては、論文をご覧いただきたい。提案モデルでは、会社エージェントは現在の作業量に基づいて、労働者エージェントを雇用することが適切かどうかを学習する。具体的には、応募者への「有期雇用労働者として採用」「無期雇用労働者として採用」「不採用」、有期雇用労働者への「更新」「解雇」の判断について学習を行う。会社エージェントは、与えられたPPに対して適切な数の労働者を雇用すればするほど、より多くの報酬を得る。何年後に会社エージェントが大きな報酬を獲得すると、過去の行動に徐々に伝播する状態の「雇用」に対応するQテーブルのQ値が更新される。

学習には、実際のGDPと雇用統計の有期雇用・無期雇用の実績値を使用した。しかし、これらは2003年4月から2013年3月までの10会計年度のデータしかなく、雇用契約を学習し再現するには短すぎる。これらのデータは四半期ごとに発表されるため、四半期を1年と考えることとした。したがって、40年分のデータがあるとみなす。この点では実データとはかけ離れているが、GDPを使う目的は仕事量の配分であるため、シミュレーションの実行には問題はない。

#### 4. 研究成果

以下の条件の下でシミュレーションによる実験を行った。この実験の目的は、改正労働契約法を遵守しつつ、企業が利益追求のためにどのような行動をとるかを調べることであり、簡略化のため、企業規模や職種は考慮しない。

以下の設定を使用した：会社エージェント数 3、労働者エージェント数 300、エピソード数 2000。初期設定において、労働者エージェントは、年齢が15歳から64歳までの一様分布が与えられた。エージェントはすべて経験年数0年である。有期労働者、無期労働者、無職エージェントの比率は、実世界のデータから取った。40年分のGDPデータを用いて実験を行った。会社エージェントは過去40年間を100回繰り返した。実験結果は、100回の試行の平均値である。有期雇用者は2年後に自動的に正社員に転換されるように設定した。

ここで、雇い止めの指標として解雇率 Dismissal Rate を導入する。これは、以下の式で定義される。

$$\text{Dismissal Rate} = \frac{|Terminated|}{|Fixed|}$$

このとき、Terminatedはその年に契約が終了した有期契約労働者の数、Fixedは有期契約労働者数を表す。

実験は、労働契約法が改正されていない場合と改正された場合の2つのシナリオで行われた。前者をシナリオA、後者をシナリオBと呼ぶ。

最初に日本の実際のGDPと雇用統計の推移を図1に示す。リーマンショックがあった2007年から2009年にかけてGDPが大きく減少し、有期雇用労働者が半分以下から半分以上へと年々その比率を高めていることがわかる。この時代背景を中心に、実際の法改正の年とは切り離して、改正労働法が存在しない世界(シナリオA)とすでに有効である世界(シナリオB)におけるエージェントの動向を観察する。実際の4半期をシミュレーションの1年とみなすのでリーマンショックの期間は17年目から25年目に相当する。

図2は、シナリオAの結果である。21年目の前後で異なる挙動をするため、分けて考察する。図の前半を見ると、有期雇用労働者の割合が増え、無期雇用労働者の割合が減っていき、10年目に比率が逆転していることがわかる。有期雇用労働者の多くは契約を更新しており、無期雇用への転換はほとんどない。労働契約法が改正されていないため、有期雇用契約には期限がない。その代わりに、解雇率を見る限り、契約が打ち切られることはほとんどない。

図2の後半は、リーマンショックによる生産計画が減少した影響で、有期契約労働者の増加が鈍化し、契約更新率も低下した。無期雇用に転換する人もいたが、すぐに減少に転じた。この暴落に備えて、企業は有期雇用労働者を増やすことを覚えた結果、実現生産量は、微々たるものではあるが暴落に追随していることが分かる。

図3は、シナリオBの結果である。シナリオAで起こった有期雇用労働者と無期雇用労働者の割合の逆転は、ここでは起こっていない。改正労働契約法の施行により、有期雇用労働者として2年間働いた後に無期雇用契約に転換されるため、正社員数は高い水準で安定した。一方、有期

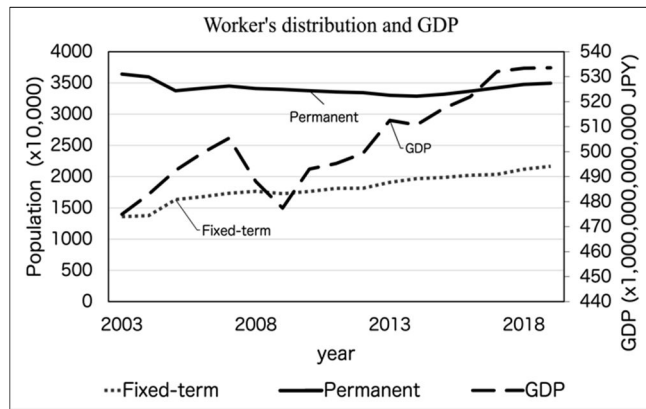


図 1 日本の実際の GDP と雇用統計の推移

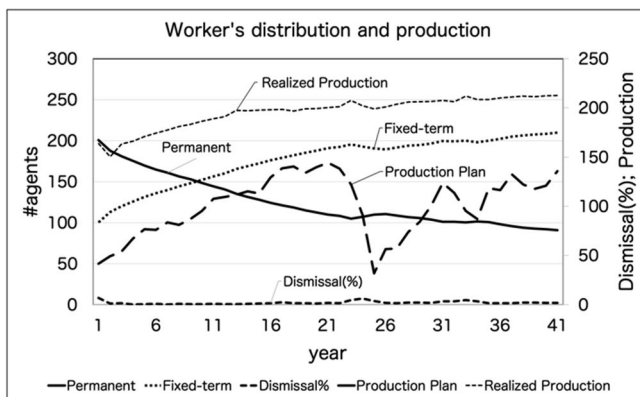


図 2 シナリオ A のシミュレーション結果：  
法改正なし (#Episodes=2000)

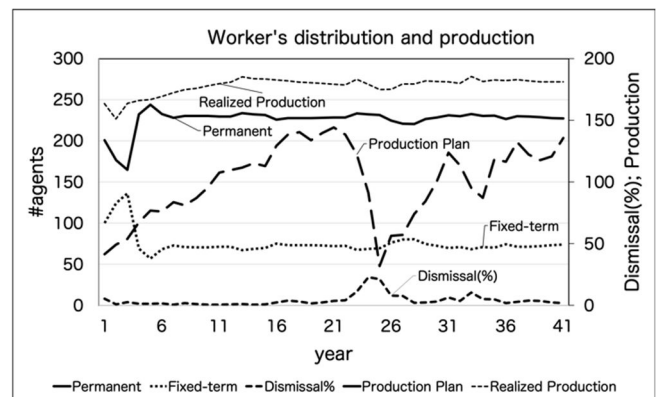


図 3 シナリオ B のシミュレーション結果：  
法改正あり (#Episode=2000)

雇用労働者は一定数残っており、生産計画によって雇用が調整されている。実際、生産計画の破綻により、解雇率の上昇が見られ、第 24 期は 22.7% とピークに達している。つまり、景気変動によって有期雇用労働者の人数が調整されるのである。実際、シナリオ A の平均解雇率は 1.92% であったが、シナリオ B では 4.05% に上昇した。したがって、労働契約法の改正は、無期雇用転換数の増加をもたらしたが、無期雇用転換前の雇い止めを含む解雇率の上昇をもたらしたと結論づけることができる。

実験の結果、改正労働契約法の施行により無期雇用労働者の割合が増加することが確認できた。ここでいう改正労働契約法の解釈は、有期雇用労働者を 2 年継続雇用すると自動的に無期雇用契約に転換するというものである。これは実際の法律を完全に反映しているわけではないが、本質をとらえている。

一方、経済の変化に伴い、有期雇用労働者の不安定な雇用形態が顕在化している。これは、雇い止めの現象が発現したと考えることができる。

ここでの結論は、改正労働契約法が事前に施行された世界では、企業は景気動向に左右されることなく正社員を採用しやすくなるというものである。これは、この政策に期待された成果である。つまり、改正労働契約法が施行された後の経済格差が何によってもたらされるのかを検証できる小さな経済社会が実現したのである。その一方で、ここで雇い止めという簡単には予期できない現象を観察することができた。この労働市場モデルは、労働に関する政策の検証に役立つことが期待される。

#### < 引用文献 >

Makoto Nakamura, Shingo Hagiwara, Ryuichi Matoba. Simulation for labor market using a multi-agent model toward validation of the Amended Labor Contract Act. J. Artificial Life and Robotics, May 2022. DOI:10.1007/s10015-022-00764-9

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 R. Matoba, T. Yonezawa, S. Hagiwara, T. Cooper, M. Nakamura	4. 巻 26
2. 論文標題 Extension of iterated learning model based on real-world experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 228-234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Makoto, Hagiwara Shingo, Matoba Ryuichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Simulation for labor market using a multi-agent model toward validation of the Amended Labor Contract Act	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-022-00764-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Makoto Nakamura, Shingo Hagiwara, Ryuichi Matoba
2. 発表標題 Simulation for labor market using a multi-agent model towards the validation of the Amended Labor Contract Act
3. 学会等名 The 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Makoto Nakamura, Shingo Hagiwara, Ryuichi Matoba, and Satoshi Tojo
2. 発表標題 An Approach to Modeling the Social and Economic Effects by the Enactment of Laws
3. 学会等名 Proceedings of the 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics 2020 (AROB 25th 2020), Beppu, Japan (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryuichi Matoba, Tomoki Yonezawa, Shingo Hagiwara, Todd Cooper, and Makoto Nakamura
2. 発表標題 Extension of Iterated Learning Model Based on Real-World Experiment
3. 学会等名 Proceedings of the 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics 2020 (AROB 25th 2020), Beppu, Japan (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryuichi Matoba, Koshi Komai, Takahiro Nanba, Shingo Hagiwara, and Makoto Nakamura
2. 発表標題 Simulation of Employment Environment Using Multi-agent Model
3. 学会等名 Proceedings of the 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics 2020 (AROB 25th 2020), Beppu, Japan (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryuichi Matoba, Koshi Komai, Shingo Hagiwara, Makoto Nakamura
2. 発表標題 Employment status simulation using multi-agent model
3. 学会等名 The 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	的場 隆一  (Matoba Ryuichi)  (30592323)	富山高等専門学校・その他部局等・准教授    (53203)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	萩原 信吾  (Hagiwara Shingo)  (50635224)	富山高等専門学校・その他部局等・准教授    (53203)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	東条 敏  (Tojo Satoshi)  (90272989)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授    (13302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関