

金融工学と制御工学を用いた戦争リスクの抑制モデル

アブストラクト

本論文では、戦争リスクをグローバルな確率モデルとしてモデル化し、金融工学と制御工学を用いてそのリスクを抑制するメカニズムを提案する。特に、国家貯蓄と国内格差の影響を考慮したモデルを構築し、地域間および国家間の経済的不均衡が戦争リスクにどのように影響するかを分析する。資本主義経済の活性化が戦争リスクを低減する方法を示し、さらに災害リスクを考慮した予測モデルを提案する。

1. はじめに

1.1 戦争と経済の関係についての既存研究のレビュー

戦争と経済の関係は、古くから研究の対象となっており、クラウゼヴィッツの「戦争論」やケインズの経済学においても言及されている[1][2]。クラウゼヴィッツは、戦争を国家の意志を経済力に基づいて実現する手段とし、経済活動と戦争の密接な関係を強調した。また、資本主義と戦争リスクの関係については、ガーツケが、資本主義が戦争を避けるためのメカニズムとして機能する一方で、経済的不均衡が戦争の原因となり得ると指摘している[3]。20世紀後半の冷戦期には、軍拡競争と経済成長の関係が議論され、軍事支出が国家経済に与える影響が研究されてきた[4]。しかし、これらの研究では、国内の経済格差や地域間の分裂が戦争リスクに与える影響は十分に考慮されていない。

1.2 本研究の目的

本研究の目的は、戦争リスクを減衰振動としてモデル化し、特に国内の経済格差や地域間の不均衡が戦争リスクに与える影響を分析することである。これにより、資本主義経済が活性化することで戦争リスクが低減するメカニズムを解明し、国内格差を考慮した戦争リスク管理の新たな手法を提案する[5]。

1.3 本論文の構成

本論文は以下のように構成されている。第2章では、減衰振動モデルと社会的貯蓄、地域間の経済格差の関係を理論的に整理する。第3章では、地域間の格差を考慮した戦乱振動モデルおよび個人市場振動モデルを数理的に構築し、その相互作用を分析する。第4章では、シミュレーションを行い、その結果を基に戦争リスクの管理方法について考察する。最後に、第5章で本研究の結論と政策提言を示す。

2. 理論的枠組み

2.1 グローバル戦争リスクモデル

戦争リスクをグローバルな確率として捉えることで、その変動を経済学的にモデル化することができる。グローバルな戦争確率 $P(t)$ を以下のように定義する：

$$P(t) = f(S(t), G(t), D(t))$$

ここで、 $S(t)$ は各国の国家貯蓄、 $G(t)$ は各国のジニ係数、 $D(t)$ は災害の影響を表す。

ジニ係数は、所得や富の分配の不平等さを測る指標であり、0から1の間の値をとる[6]。0は完全な平等（全ての人が同じ所得や富を持つ）を、1は完全な不平等（1人が全ての所得や富を持ち、他の人は何も持たない）を表す。本研究では、ジニ係数を国家間の経済格差を表す指標として用いる[7]。

2.2 国家貯蓄と戦争リスク

国家貯蓄は、国家や社会全体が持つ資源の蓄積であり、物理的資源、人的資本、金融資産を含む。戦争リスクに対しては、国家貯蓄が安定化要因として機能する。これを数理的に表現するために、国家貯蓄 $S_i(t)$ が戦争確率に与える影響を以下のように仮定する：

$$\frac{\partial P}{\partial S_i} < 0$$

この関数により、国家貯蓄が増加するほど戦争確率が低下することを表現できる。

3. モデルの構築

3.1 クラスター市場振動モデル

各国の経済状態を反映するクラスター市場振動モデルでは、各クラスターの経済活動を以下の式で表現する：

$$A(t) = A_0 e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \phi) + B(t)$$

ここで、 A_0 は初期振幅、 α は減衰係数、 ω は振動数、 ϕ は位相、 $B(t)$ はランダム要素である。

3.2 グローバル戦争確率の計算

グローバルな戦争確率 $P(t)$ は、以下の要因を考慮して計算される：

$$P(t) = (p_{\text{base}} + f_{\text{inequality}} + f_{\text{low_savings}}) \cdot f_{\text{total_savings}}$$

ここで、

- p_{base} は基本確率
- $f_{\text{inequality}}$ は国家間の貯蓄の不平等に基づく因子
- $f_{\text{low_savings}}$ は低貯蓄国の数に基づく因子
- $f_{\text{total_savings}}$ は総貯蓄量に基づく調整係数

これらの因子は以下のように定義される：

$$f_{\text{inequality}} = \sigma(\text{normalized_savings}) \cdot k_{\text{inequality}}$$

ここで、 $\sigma(\text{normalized_savings})$ は正規化された国家貯蓄の標準偏差、 $k_{\text{inequality}}$ は不平等の影響度を表す定数。

$$f_{\text{low_savings}} = \frac{\text{number_of_low_savings_countries}}{\text{total_countries}} \cdot k_{\text{low_savings}}$$

ここで、 $k_{\text{low_savings}}$ は低貯蓄国の影響度を表す定数。

$$f_{\text{total_savings}} = \frac{1}{1 + e^{-k_{\text{total_savings}}(S_{\text{total}} - S_{\text{threshold}})}}$$

ここで、 S_{total} は総貯蓄量、 $S_{\text{threshold}}$ は閾値、 $k_{\text{total_savings}}$ は総貯蓄量の影響度を表す定数。

4. シミュレーションと結果

4.1 シミュレーション環境

[GitHub - shogochiai/warmodel](https://github.com/shogochiai/warmodel) <https://github.com/shogochiai/warmodel> を用いてシミュレーションを行った。

4.2 パラメータ設定とシナリオ分析

シミュレーションでは、以下の3つの災害シナリオを設定し、1000時間ステップの長期シミュレーションを行った：

1. 低リスクシナリオ：災害発生確率 1%、影響 1-5%
2. 中リスクシナリオ：災害発生確率 5%、影響 5-15%
3. 高リスクシナリオ：災害発生確率 10%、影響 10-30%

各シナリオにおける災害の影響は以下の式で表現される：

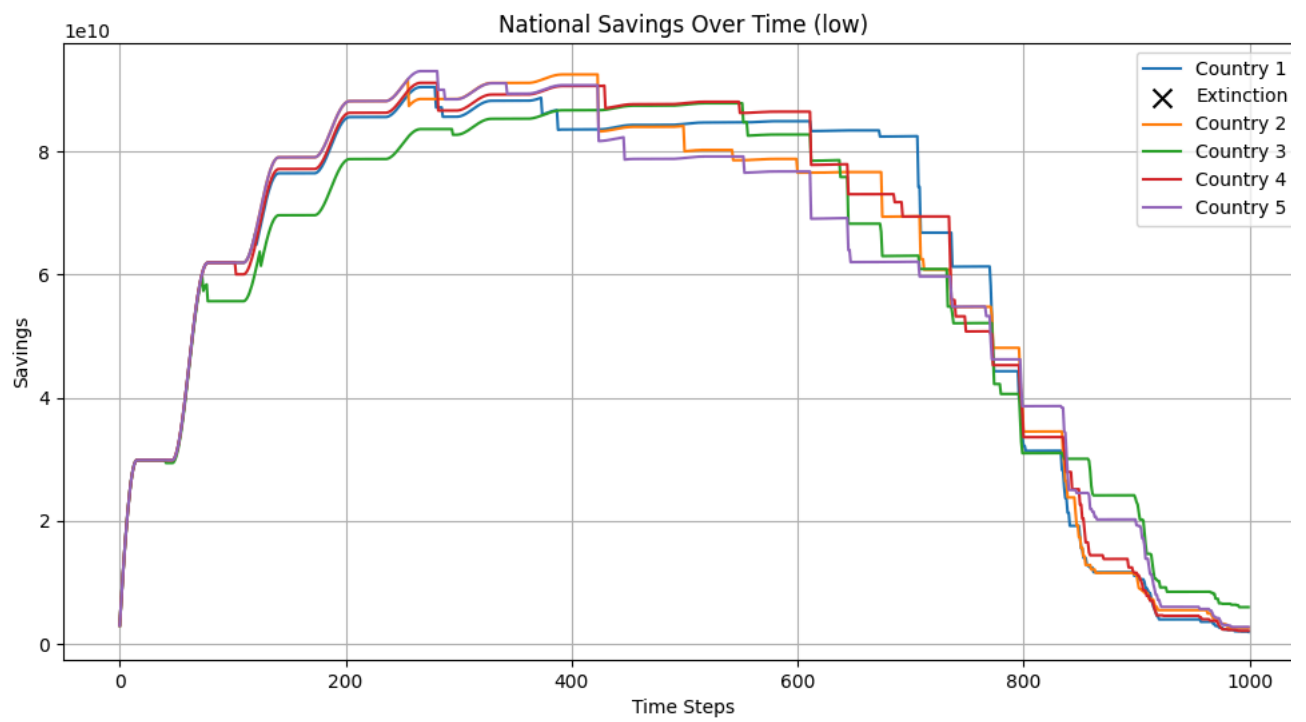
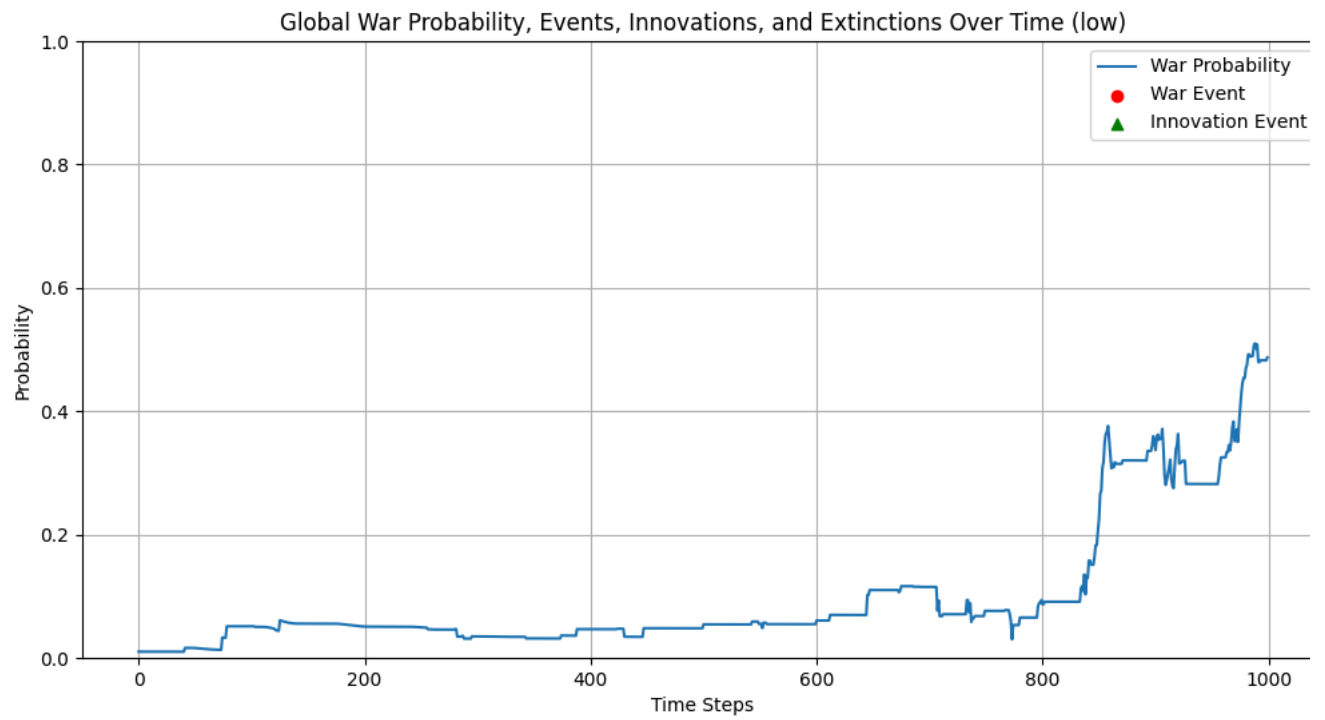
$$S_i(t+1) = S_i(t) \cdot (1 - I_{\text{disaster}})$$

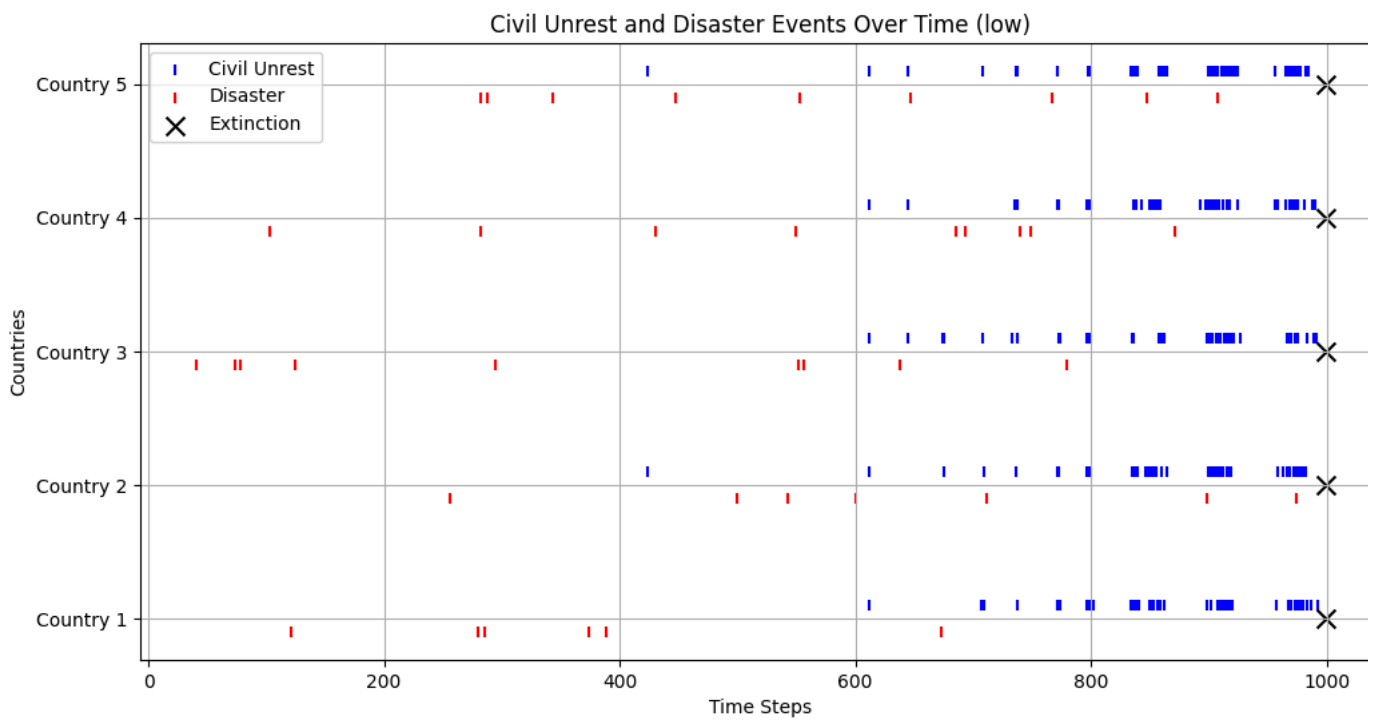
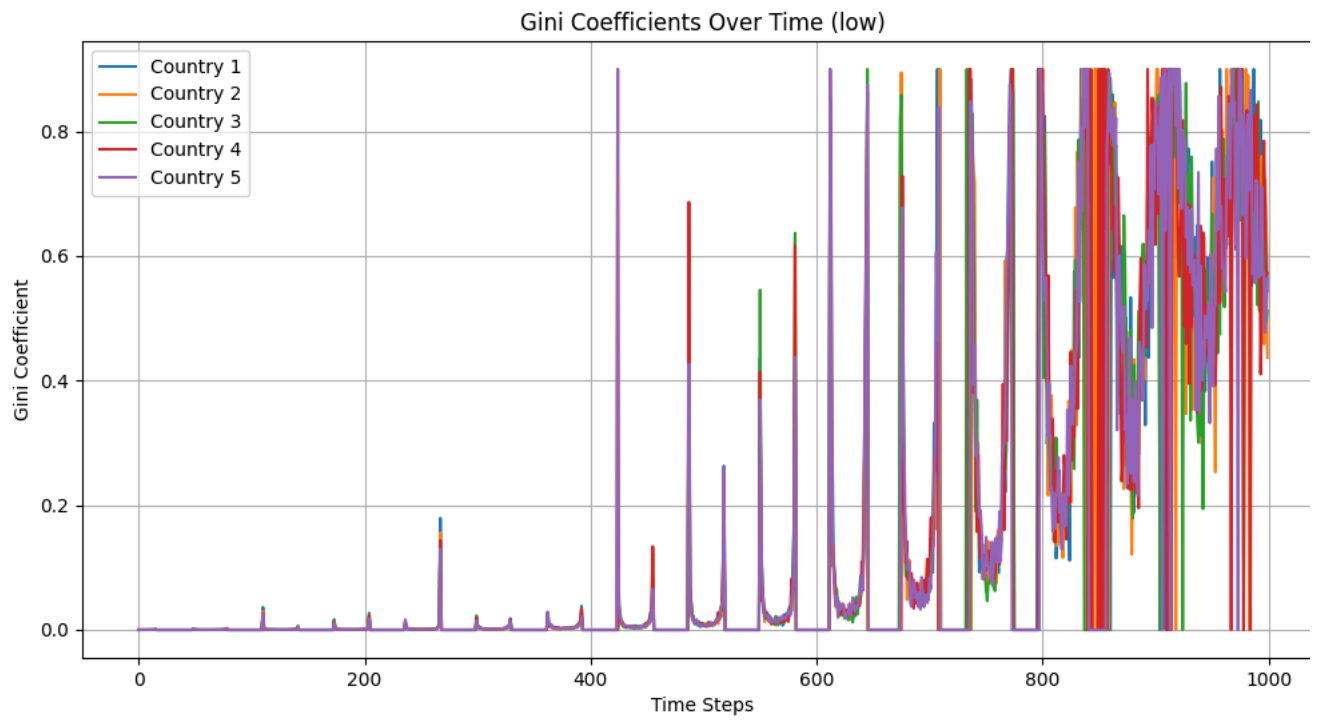
ここで、 I_{disaster} は災害の影響度であり、各シナリオに応じてランダムに決定される。

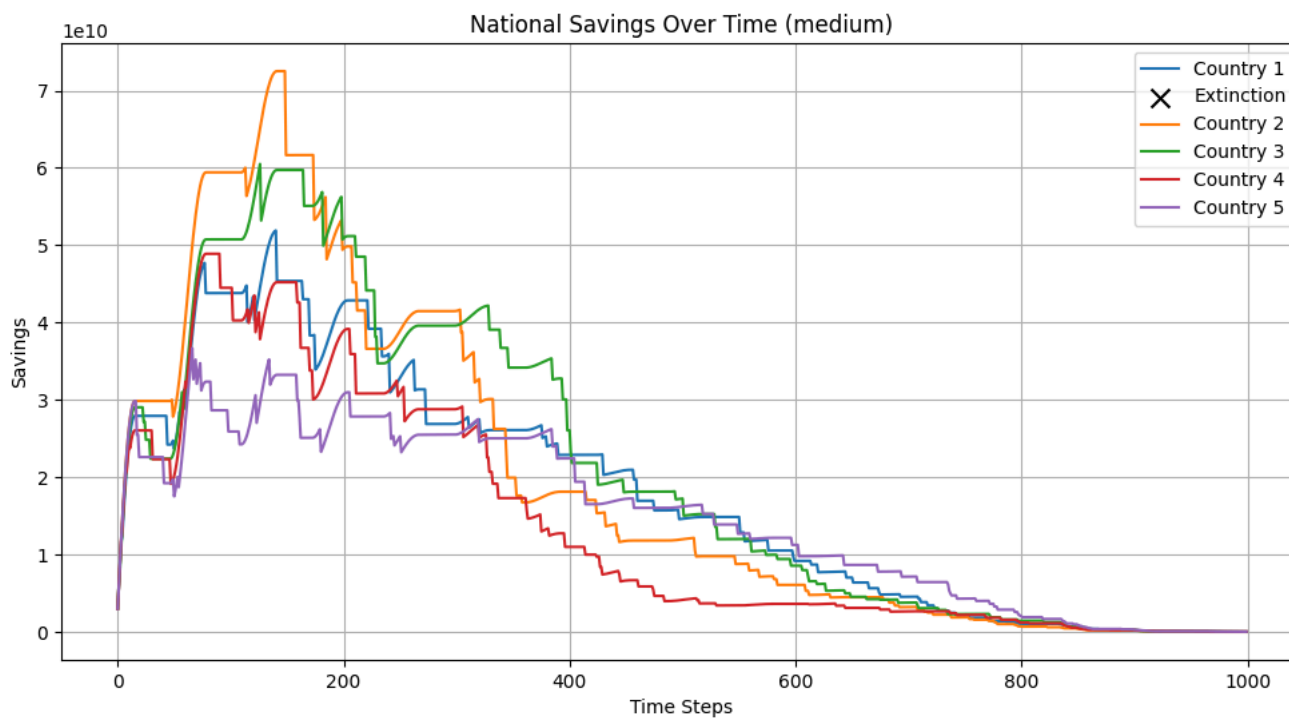
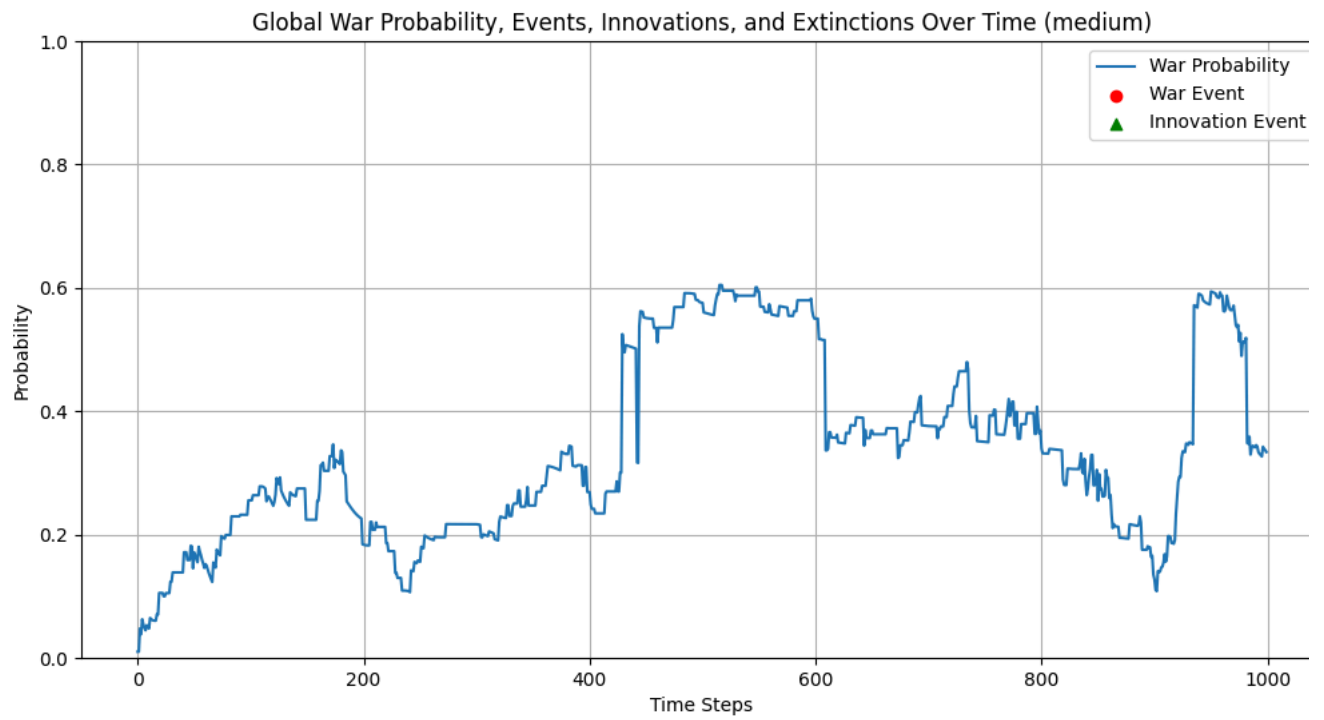
4.3 結果の解釈

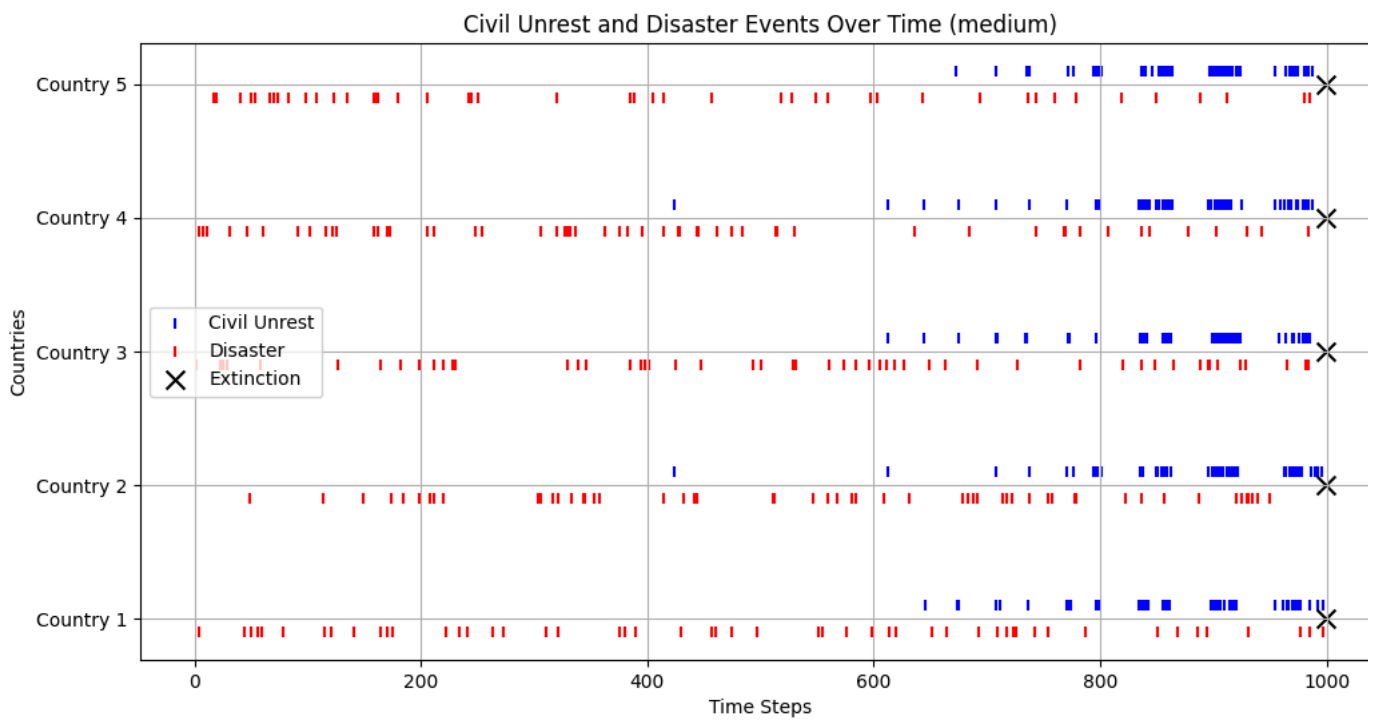
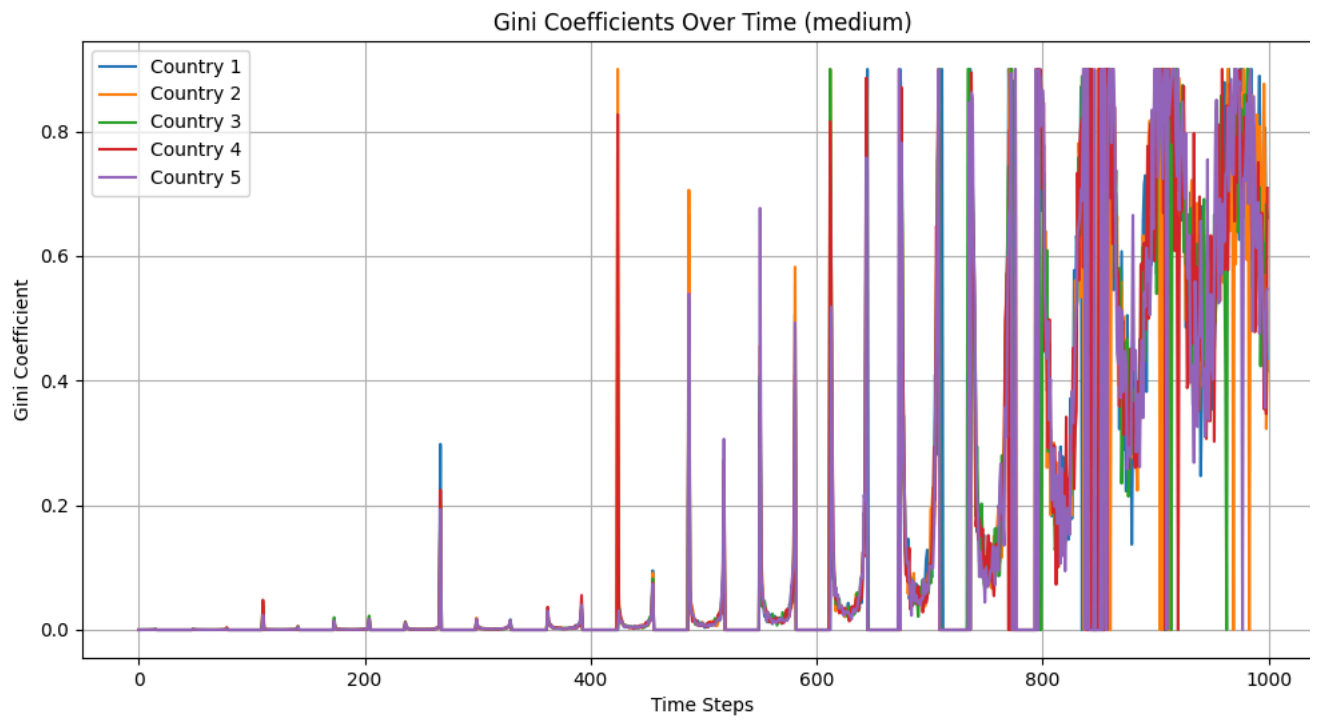
シミュレーション結果から、以下の知見が得られた：

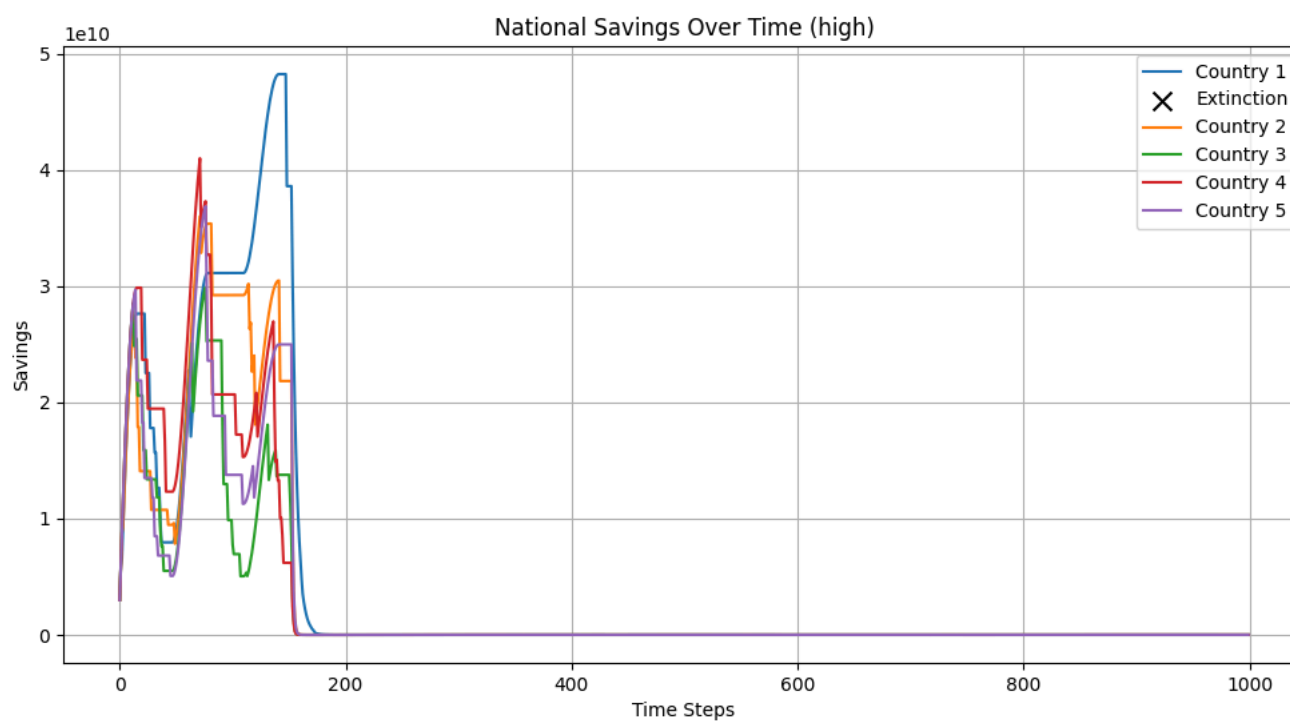
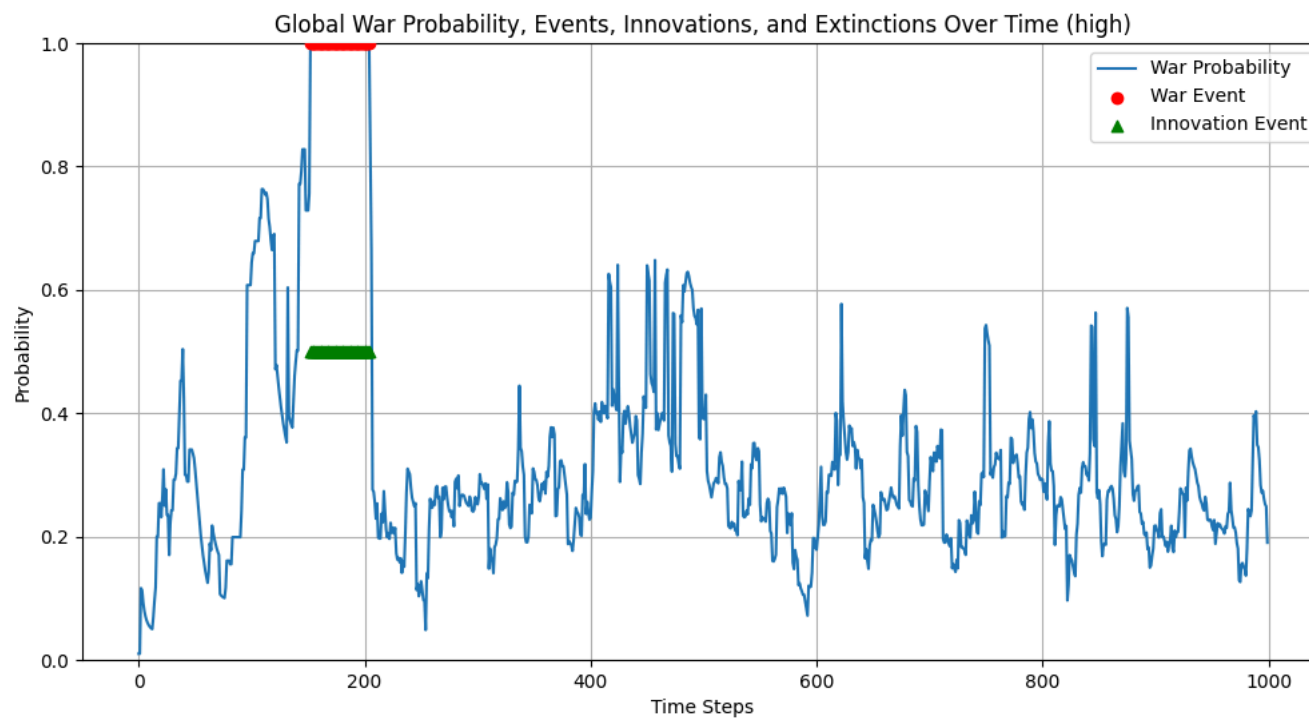
1. 低リスクシナリオでは、中期的に戦争確率が減少傾向を示し、資本主義経済の安定化効果が確認された。しかし長期的には災害の蓄積により内乱が増加し不安定化した。
2. 高リスクシナリオでは、外的ショックにより戦争確率が大きく変動し、システムの不安定性が増大した。
3. 国家貯蓄の増加は一貫して戦争リスクの低下につながったが、国家間の不平等は逆効果を示した。

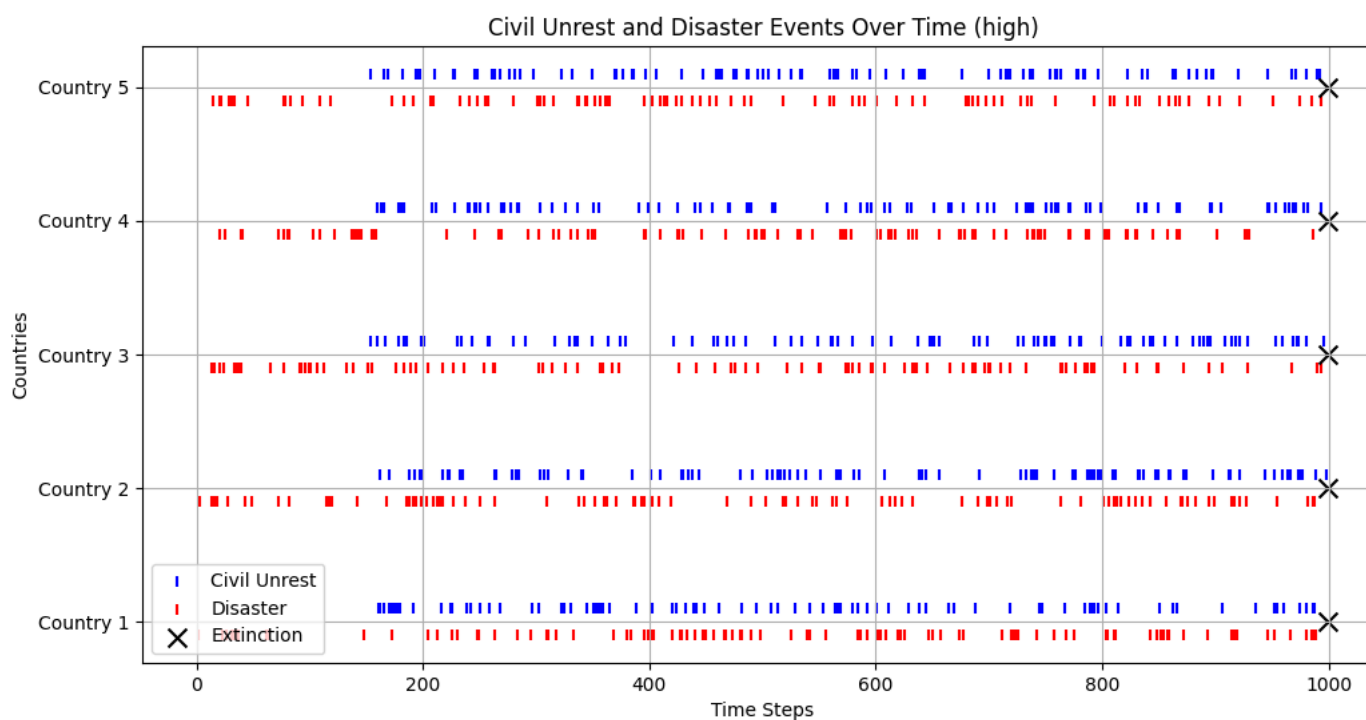
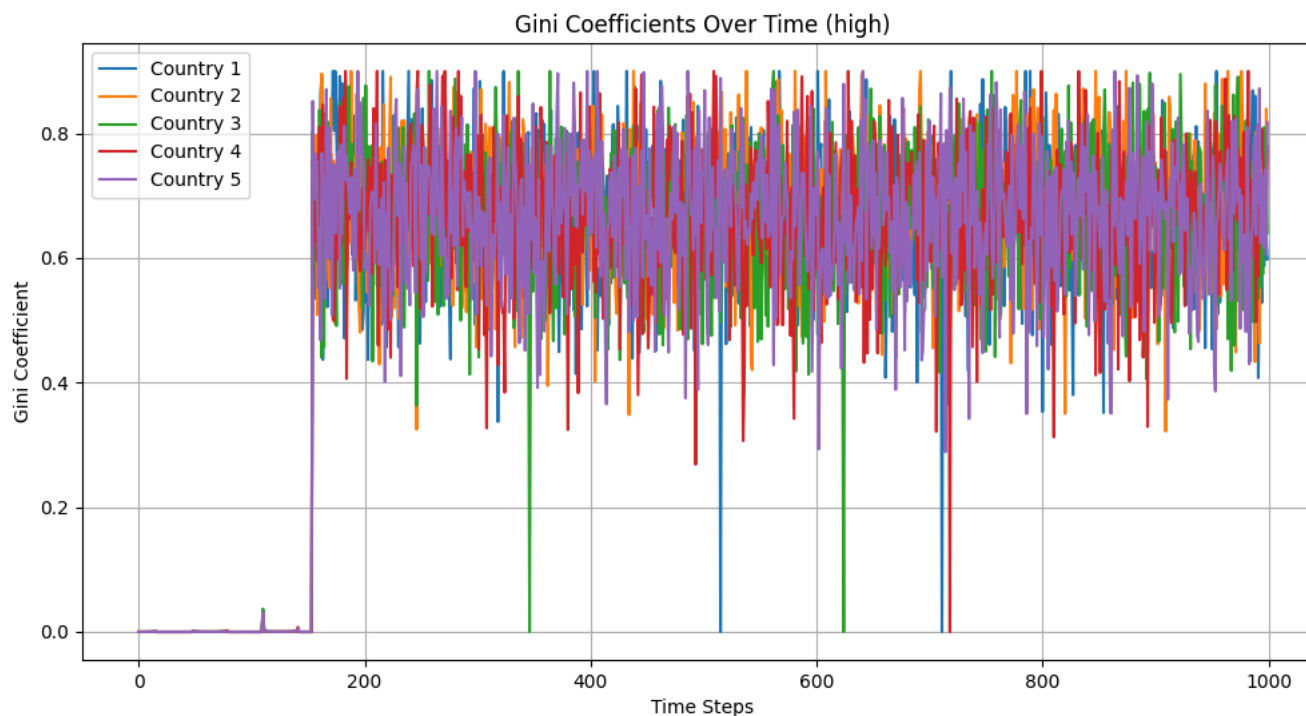












5. ディスカッション

5.1 モデルの妥当性と限界

地域間の経済格差を考慮した戦乱振動モデルは、現実的な戦争リスクを評価するための強力なツールである。しかし、モデルは主に経済的要因に焦点を当てており、政治的、社会的、文化的要因は十分に反映されていない。また、シミュレーションの結果は、パラメータ設定に依存するため、モデルの結果を解釈するにはその限界を考慮する必要がある。

5.2 政策提言

地域間の経済格差を縮小し、社会的貯蓄を増加させることが戦争リスクの抑制に効果的であると 考えられる。具体的には、地域経済の均衡を図るための政策や、災害リスク管理の強化が必要である。また、資本主義経済の持続可能性を高めるための再分配政策や環境保護の推進が、長期的な 戦争リスク管理に寄与する。

6. 結論

本研究では、戦争リスクをグローバルな確率モデルとしてモデル化し、国家間の経済格差や国家貯蓄が戦争リスクに与える影響を分析した。シミュレーション結果から、安定した環境下では資本主義経済の活性化が戦争リスクを管理する上で重要な役割を果たすことが示された。具体的には、総貯蓄量 S_{total} の増加が戦争確率 $P(t)$ を低下させる効果が確認された。

一方で、災害などの外的ショックは、この安定性を大きく損なう可能性があることも明らかになった。特に高リスクシナリオでは、災害による国家貯蓄の急激な減少が戦争確率の上昇につながることを示された。

今後の研究では、市民の不安定性やイノベーションの影響など、より複雑な要因を統合したモデルの開発が求められる。例えば、市民の不安定性を表す変数 $U(t)$ を導入し、以下のように戦争確率モデルを拡張することが考えられる：

$$P(t) = f(S(t), G(t), D(t), U(t))$$

また、イノベーションの影響を表す変数 $I_i(t)$ を導入し、国家貯蓄の成長モデルを以下のように拡張することも検討に値する：

$$\frac{dS_i}{dt} = r_i S_i + I_i(t) - D_i(t)$$

ここで、 r_i は自然成長率、 $I_i(t)$ はイノベーションによる貯蓄の増加、 $D_i(t)$ は災害などによる損失を表す。

これらの拡張により、より現実的で複雑な国際システムのモデリングが可能となり、戦争リスクの予測と管理に関するより深い洞察が得られることが期待される。

7. 参考文献

- [1] Clausewitz, C. von. (1832). Vom Kriege. Ferdinand Dümmler, Berlin.
- [2] Keynes, J. M. (1936). The General Theory of Employment, Interest and Money. Macmillan, London.
- [3] Gartzke, E. (2007). The capitalist peace. American Journal of Political Science, 51(1), 166-191.
- [4] Deger, S., & Sen, S. (1995). Military expenditure and developing countries. Handbook of Defense Economics, 1, 275-307.
- [5] Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012). Why nations fail: The origins of power, prosperity, and poverty. Crown Business.
- [6] Gini, C. (1912). Variabilità e mutabilità. Tipografia di Paolo Cuppini, Bologna.
- [7] Cowell, F. A. (2000). Measurement of inequality. Handbook of income distribution, 1, 87-166.