

京都大学	博士 (総合学術)	氏名	藤田 萌
論文題目	Development of Risk Assessment Framework and Policy Recommendation for Improving Social Resilience 社会的レジリエンスを改善するための リスク評価フレームワークの開発と政策的提言		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>第1章では社会的レジリエンスの向上の必要性を述べ、既存研究をレビューし本研究の位置付けを明らかとした。特に、リスク定量化分析評価について、航空宇宙産業におけるリスク分析評価の先行研究を概観した上で、本論文の研究意義について述べている。</p> <p>第2章では、人類史と地球史における様々な種類の自然災害を頻度・損害規模別に分類し、地球史における絶滅事象を引き起こした災害には、火山災害、小惑星の衝突、気候災害があり、これらは低頻度・高被害(LPHC)事象に分類される。LPHC事象は、発生する確率が非常に低いが、壊滅的な結果をもたらすものである。しかしより短いタイムスケールでは、人類は、大規模洪水、疫病、地震、津波、中規模の火山噴火などの頻繁に起こる災害が高頻度・低被害事象(HPLC)として知られている。HPLCはより頻繁に発生し、そのほとんどが10年単位の頻度で発生し、局所的な死亡者をもたらすが、地球規模の壊滅はもたらさない。本論文ではこれらの事象の人類文明に対する潜在的なリスクに基づいて分類・評価を行い、とりわけ、航空機を例に現代の人工物の運用計画における新たなリスクに焦点を当てることが述べられている。</p> <p>第3章では、航空業界向けの太陽フレアから太陽陽子イベント(SPE)への被ばくによる潜在的なリスクコストを効果的に評価するための体系的なアプローチを提示した。経済的損失額と機会損失額を最小化するための適切な代替手段を提供するために、放射線による健康リスクを評価した。またExoKyotoとPHITSを用いて、各フライトの乗客が被る、SPEによって誘発される放射線被ばく値の総量を算出した。推定される線量限度を、一般人の実効線量限度に相当する1mSv、職業被ばくに相当する20mSvとし、さらに極端なスーパーフレア現象による高線量を想定して、いくつかのシナリオを決定した。仮想的な航空会社がフライトの運行を停止(キャンセル)するシナリオでは、潜在的な放射線量の下での法的規制のため、乗客一人当たりの一回のフライトで1mSvとした。この章では、高さ方向のみの一次元モデルに基づいて、フライトがキャンセルされた場合の潜在的な直接費と機会費用の損失を計算している。</p> <p>第4章では航空放射線被ばくを、5つの地上中性子レベル上昇イベント(GLE)中に8つの飛行ルート of 太陽高エネルギー粒子(SEP)による線量と線量率を削減するための対策コストに関連するリスクを評価している。SEPへの航空被ばくに関する警告システムであるWASAVIESによって開発された4次元線量率データベースをSEP線量評価に採用した。コスト見積もりについては、フライトのキャンセルとフライト高度の低下の二つの対策を評価した。次に、GLEの過去の記録と宇宙線中性子観測や放射性炭素分析結果によって観測された歴史的に大きなイベントに基づいて、最大飛行経路線量と線量率がそれぞれ1.0mSvと80<math>\mu</math>Sv/hを超える重要なGLEの年間発生頻度を推定した。計算によると、飛行条件の変更を必要とするような上記の線量および線量率の閾値を超えるのに十分な大きさのGLEは、それぞれ</p>			

47年および17年に1回発生し、対策コストに関連する安全側に見積もられた年間リスクは毎日運航する長距離便の場合、年間最大約1.5千米ドルと算出している。

第5章では航空宇宙産業のLPHCリスク対策として本研究で行った一連のリスク評価をフレームワーク化し、当該リスクの対策としてのパラメトリック保険の設計可能性について議論し、政策的提言を行っている。最初に、先行研究によって提唱されている定量的リスク評価のプロセスを元に、航空宇宙産業におけるLPHCリスクの定量化についてフレームワークを構築した。具体的には、GLEの発生による航空業界の労働者と乗客への被ばく線量を定量化し、飛行計画（高度）の変更/キャンセルに関連する経済的損失額（リスク）を定量化し、その際のプロトコルを提示し、飛行計画を変更する必要があるスケールのGLEが発生する頻度と確率を計算し、それに伴う経済的損失額（リスク）を表すリスク式を導出し、その頻度とリスクを評価し、本リスクに対するインデックス型保険の設計について議論するという一連の仕組み・流れを整理・本事象に応用化し、フレームワークとして提唱した。次にパラメトリック保険とは何か、定義や仕組み、メリット・デメリットについて概観し、第4章で発案した指標をインデックスとしたパラメトリック保険の設計可能性を議論した。また設計可能性のケーススタディとしてマンマーへの天候インデックス保険の導入可能性について議論した。最後にこのようなパラメトリック保険を設計するために必要な官民学連携の体制、法規制、データベース等について提案している。

（続紙 2）

（論文審査の結果の要旨）

本論文の学術的貢献は、次の通りである。（1）航空放射線被ばくを太陽放射線被ばく警報システム WASAVIESより推定した太陽放射線被ばく線量率の4次元空間時系列データを用いて、5つのGLE、8つの飛行経路、2つの巡航高度（12kmと9km）の80条件に対する最大積算被ばく線量と被ばく線量率を評価し、宇宙線中性子観測や放射性炭素分析結果などから、GLEの発生頻度とその強度の関係を過去2000年間に遡って世界で初めて定量化した。（2）それに伴い太陽放射線の強度を表す指標として、従来使われていた事象積分強度（EII）のみならず、瞬間的に太陽放射線強度が高くなる効果を考慮したピーク事象強度（PEI）を新たに提案して解析した。そして、それらの結果を組み合わせることにより、各航路条件に対する最大積算線量が1mSvを超える、または最大線量率が $80\mu\text{Sv/h}$ を超える太陽フレアの発生頻度がそれぞれ約47年及び約17年に1回であることを明らかにした。（3）さらに、LPHCやHPLCの議論や国外における様々な災害事例から社会への実装に必要な保険メカニズムを検討し、その実現可能性について考察を行い、本研究成果の社会実装の可能性を議論した。

また、本論文の主な内容は査読付きの複数の国際学術誌に公表されており、その学術的貢献の高さを証明している。

よって、本論文は博士（総合学術）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和4年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問した結果、合格と認めた。