

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656336

研究課題名(和文)アルティメート・シェルターの形態と力学性能に関する基礎的調査研究

研究課題名(英文)Preliminary Research of Morphology and Mechanics of the Ultimate Shelter

研究代表者

川口 健一 (Kawaguchi, Ken'ichi)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：40234041

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：巨大隕石の衝突など「大量絶滅」が発生するような極限的な状況において人類が生存し種を保存しうるシェルター(以下、「アルティメート・シェルター」)について、自然災害(津波や竜巻、放射能汚染等)時の人命保護に利用可能であるための必要性能を明らかにし、主に形態と力学性能について調査、具体的な実大モデルを製作、提示する。さらに、このようなシェルターが、巨大隕石の衝突などの真の「極限環境」でも機能するための知見を整理し、必要性能を明らかにする。研究期間内に、基礎的な調査と展開型シェルター骨組みの開発及び直径1.5mのモデル作成、数値解析による強度解析などをおこなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the research is to investigate about the ultimate Shelter, which allows us the preservation of species of human-being, from the mass extinction caused by the impacts such as the hit of gigantic meteorite to the earth. Necessary performance, morphology and mechanics of the ultimate shelter for the survival in the extreme natural disaster were investigated. Fundamental survey of such shelter was performed in the first part of the granted period. Development of deployable shelter and a production of a model of 1.5m diameter were carried out. Numerical analysis to check the structural strength of the shelter was also performed.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：シェルター 展開構造 大量絶滅 巨大隕石 津波

1. 研究開始当初の背景

恐竜の大量絶滅は、巨大隕石によるインパクトと気候の大変動であるといわれている。また東日本大震災では津波で2万人近い人々の命が失われた。さらに研究期間の2013年2月15日にはロシアチェリアピンスク州に巨大隕石が落下した模様が報道された。地球は常に大量絶滅を招くような危機がいつ発生しても不思議はなく、人類は種の保存を望むとすれば、大量絶滅を招くようなインパクトに対し、備え始める必要があると考えられる。

2. 研究の目的

巨大隕石の衝突など「大量絶滅」が発生するような極限的な状況において人類が生存し種を保存しうるシェルター(以下、「アルティメート・シェルター」)について、主に形態と力学性能について調査し、具体的なモックアップモデルを製作、提示する。さらに、このようなシェルターが、自然災害(津波や竜巻、放射能汚染等)時にも利用可能であるための必要性能を明らかにし、老人・病人・子供等の災害弱者が利用可能な「極限環境シェルター」としても機能することを目標として調査、研究開発を行う。

3. 研究の方法

本研究は地球が急激な環境変化を伴う「大量絶滅」に遭遇した場合、激しい温度変化やインパクトに耐えられる構造として、外皮を供えたインフレーターブル構造や展開型の骨組みシェルターを想定している。従来のトランス・ハブは展開型となるため外皮は膜構造となっている。アルティメート・シェルターでは、耐熱性の外皮と耐衝撃の骨組みを持った架構となると考えられる。宇宙空間の居住モジュールとしてのトランス・ハブに関しては既に詳細な設計がなされている。

初年度は、文献として A.Scott and B.Sherwood 監修の Space Architecture を参考として調査する。また、底面の直径約6mの負圧型のインフレーターブルモデルを作成し、その挙動について観察する。負圧型の場合には内部に骨組を用意し、気圧差による圧縮力を受けると同時に、膜面や補強ケーブルが骨組の弾性座屈を補剛する効果も確認する。簡単な数値解析により、これらの挙動の数値的確認も行う。次年度以降は、上記結果により構築された設計と材料選定に基づいて、アルティメート・シェルターのモックアップモデルを作成し、実機イメージの確認を行う。本研究は、形態と力学性能に関してのみ詳細な検討を行う。生命維持装置やエネルギー、心理などに関しては将来の研究課題としている。数値計算結果を元に、アルティメート・シェルターのモデルの外皮の材料やインフレーターブル部分の材料選定や構造改変を行う。

4. 研究成果

H23年度は、文献として A.Scott and B.Sherwood 監修の Space Architecture を参考として調査した。また、底面の直径約6mの負圧型のインフレーターブルモデルを作成し、その挙動について観察した。負圧型の場合には内部に柔軟な骨組を用意し、気圧差による圧縮力を受けると同時に、膜面や補強ケーブルが骨組の弾性座屈を補剛する効果も確認した。簡単な数値解析により、これらの挙動の数値的確認も行った。

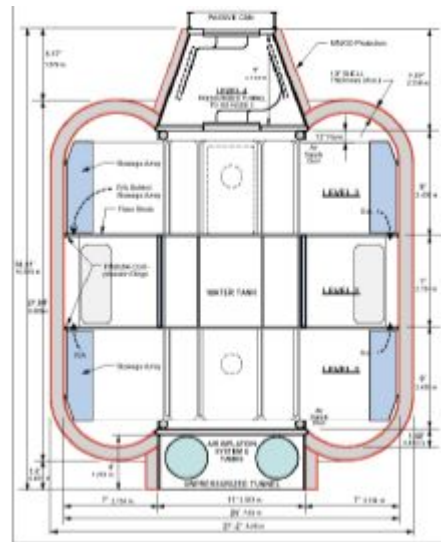


図1: 上記文献に登場するトランスハブ (上記文献から転載)



図2: H23年度負圧型インフレーターブルモデル (内圧を下げ、座屈荷重に至った状態)

H24年度は、上記結果により構築された設計と材料選定に基づいて、アルティメート・シェルターのモックアップモデルとして、負圧ドームを作成し、実機イメージの確認を行った。実際に学生が内部に数日間滞りし、居住実験も行った。また、空気膜構造に不可欠である、内圧(負圧)を維持するためのブローに関して、外部の電力供給に依存しないために、太陽電池と鉛蓄電池を用いて電力供給を行い、外部から隔離した状態を作った。真

夏の状態では、鉛蓄電池を満充電にした状態から始めると、数日間に内圧を維持できることが分かった。



図 3:H24 年度負圧型インフレイブルモデル太陽電池で気圧差を作る試みも行った。

H25 年度は、さらに圧力差を用いない、小型のパーソナルシェルターとして、展開型骨組みを用いた球形シェルターの骨組みを開発しモデルを作成、数値解析により力学性能の把握を行った。本シェルターは、津波などの大災害時に移動の困難な災害弱者などが生存するためのパーソナルシェルターを目標としている。2011 年の東関東大震災以来、据え置き型のパーソナルシェルター等は様々な開発や提案がなされているが、置き場所等を考えると常備しておくことが非常に難しいものが多い。そこで、我々は平常時は非常にコンパクトに収納ができる、展開型のパーソナルシェルターの開発を行った。

このような展開型シェルターの原型となる構造物としては、1991 年に C.Gantes が MIT の博士論文でスナップスルーを用いた半球型の展開型ドームの原理を提案している。これは半球型であり、人間 1 個体全体を保護できるような骨組みにはなっていない。本研究では、そのドームに伸縮部材を加えることで、さらに完結した球形にすることが可能であることを見出し、モデルを作成した。今後はこのような骨組みが実用のシェルターとして耐えるための強度やディテールについて開発する必要があることが分かった。

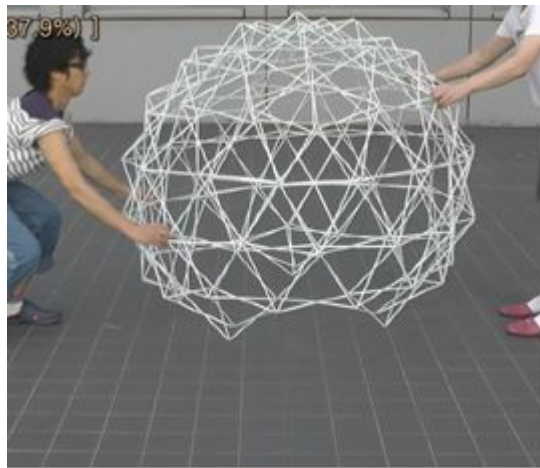
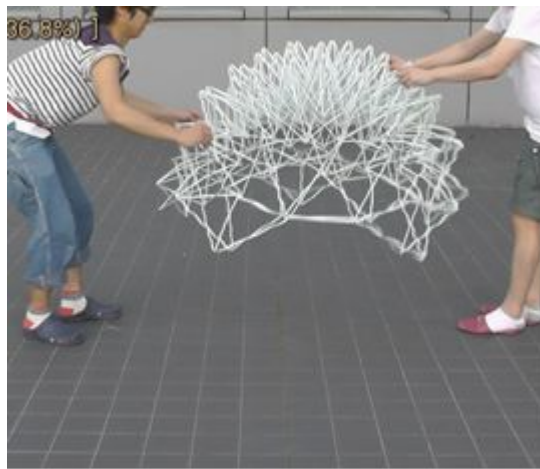
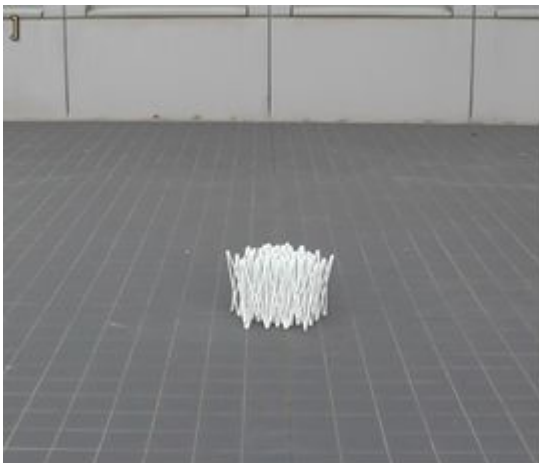


図 4:展開型パーソナルシェルター骨組み

以上 3 年度にわたる研究から、
1 . 負圧型のシェルターの場合は補剛骨組みとその座屈荷重に関するさらなる研究が必要であること。
2 . 現状で入手可能な太陽電池の場合は、蓄電池を満充電状態で始めた場合、真夏では数日間の内圧維持が可能であること。
3 . Gantes 型の展開ドームを発展させ、球形の展開型パーソナルシェルターの構築が可能であることが分かった。但し強度やディテールなどは今後の研究開発が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

陳坤, 洪文汗, 川口健一, 負圧型空気膜構造の支持骨組みの座屈挙動と補強方法についての基礎的考察, 膜構造研究論文集 2011, No.25, pp.17-24, 2012

〔学会発表〕(計 4件)

古市渉平, 川口健一, 荻芳郎, 宇宙構造への応用を目指した境界にケーブルを持つ六角形ケーブルネットの力学的性質, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp. 1111-1112, 2013.9.1, 北海道大学

徐男一, 川口健一, スナップスルーを経る球形シザーズ型展開式シェルターに関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp. 875-876, 2013.8.30, 北海道大学

井上健一, 川口健一, 荻芳郎, 展開型圧縮リングによって張られる平面六角形ケーブルネットに関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp.793-794, 2012.9.13, 名古屋大学

陳坤, 洪文汗, 川口健一, 負圧型空気膜構造の支持骨組みの座屈挙動と補強方法についての基礎的考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp.929-930, 2012.9.12, 名古屋大学

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

川口 健一 (KAWAGUCHI, Ken'ichi)
東京大学・生産技術研究所・教授
研究者番号: 40234041

(2)研究分担者

荻 芳郎 (OGI, Yoshiro)
東京大学・生産技術研究所・特任講師
研究者番号: 00512005

(3)連携研究者

なし