

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01352

研究課題名（和文）皮膜に網をかぶせた大型スーパープレッシャー気球に向けた基礎技術の開発

研究課題名（英文）Development of the basic technology for the large super-pressure balloon covered with a net

研究代表者

齋藤 芳隆（Saito, Yoshitaka）

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授

研究者番号：50300702

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,500,000円

研究成果の概要（和文）：スーパープレッシャー気球は、気球のガスを加圧状態に保ち、昼夜のガス温度変動による気球体積の変化に起因する浮力の変動を抑えることで長時間飛翔を可能にする気球であり、依然、発展途上にある。本研究により、体積6,400 m<sup>3</sup>の気球で耐圧性能740 Pa、重量93 kgの気球が製作できる技術が得られ、気球製作時の信頼性向上、気球形状の理論的理解、材料欠陥や紫外線劣化の影響が許容できることを確認するに至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気球は、宇宙物理観測、地球科学観測等の目的で幅広く利用されており、衛星実験に向けた最初のステップとしての飛翔体と捉えられている。もし、長時間飛翔できれば、早いサイクルで回収とグレードアップを繰り返し、最新の技術を用いた野心的なミッションが可能になり、宇宙科学の進め方に革新をもたらすことになる。本研究はそういった気球の基礎技術を固めた研究であり、特に、気球を大型化するのではなく、軽くすることでより高高度を飛翔させる気球の実現性を明らかにし、開発の新しい方向性を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：A super-pressure balloon is a balloon enabling long-duration flight that keeps the gas of the balloon in a pressurized state and suppresses fluctuations in buoyancy caused by changes in balloon volume due to fluctuations in gas temperature during the day and night. Its technology is still in the development stage. Through this research, we acquired a technology that can manufacture a balloon with a volume of 6,400 m<sup>3</sup>, a pressure resistance of 740 Pa, a weight of 93 kg, confirmed reliability of production, theoretical understanding of balloon shape, and the enough tolerance against material defects and UV deterioration.

研究分野：気球工学

キーワード：科学観測気球 スーパープレッシャー気球 膜構造物 網

## 1. 研究開始当初の背景

宇宙科学の発展は飛翔体の発達と密接な関係がある。大気の影響を受けずに観測した電磁波や粒子の情報から、動的で荒々しい宇宙の姿が浮かび上がり、新しい謎が次々と問いかけられている。それに答えるべく、研究者は観測装置の開発に取り組んでいるが、俯瞰してみれば、その発展のボトルネックは観測装置でなく、飛翔機会が得られないことにある。我々はこのボトルネックを抜くべく、ロケットで衛星を打ち上げることと比較して 1/100 以下のコストで実験が可能となる長時間飛翔気球の開発を行ってきた。気球は、宇宙物理観測、地球科学観測等の目的で幅広く利用されており、衛星実験に向けた最初のステップとして捉えられている。気球実験が最終目的とされないのは、飛翔時間が 1 日程度と限られているためであり、もしこれが 2 桁のオーダーになれば、世界は変わる。一般に衛星実験における最大の成果は、新しい観測装置が稼働した時に得られる。機器を回収し、グレードアップさせての実験が可能で長時間飛翔気球実験はそれを次々とすくい取るミッションなのである。

スーパープレッシャー気球(SP 気球)は、気球のガスを加圧状態に保ち、昼夜のガス温度変動による気球体積の変化に起因する浮力の変動を抑えることで長時間飛翔を可能にする気球である。これまで、日照条件下のガス圧を飛翔高度気圧よりも 10 % 高く保つという成立条件を満たせず、実用化は小型気球に滞っていたが、近年、米国で著しい発展がみられた。2015 年には体積 53 万  $m^3$  の気球を高度 33 km 上空で 32 日間飛翔させ、2016 年には 46 日間の科学観測を実現するに至ったのである。ただし、X 線観測、宇宙線観測には利用できるほど高高度には到達できないのが弱点であり、気球の大型化や軽量化が課題である。

申請者は、この課題を克服するべく、高張力繊維でできた菱形の目の網を薄いポリエチレンフィルム製の気球皮膜にかぶせることで耐圧性能を向上させる手法を見出し、その実証に成功した。目の細かい網を使うことで気球皮膜への要求強度が下がるため、皮膜を薄くして重量を減らし気球を軽量化することが可能となる。体積 10  $m^3$  の小型気球の地上試験から研究を開始し、次第に大型化させながら、地上試験、飛翔性能試験を重ねると共に、非線形有限要素法を用いた数値シミュレーションでの設計の検証を進めてきた。従来の手法と比較して気球重量を 6 割に削減することが可能であり、2016 年 3 月には体積 2,000  $m^3$  で 54 kg の重量の気球を製作し、1,000 Pa の耐圧性能を有することを確認するに至った。この性能は高度 22 km の上空に 40 kg のペイロードを搭載して、長時間飛翔できることを意味している。科学実験に利用できる SP 気球の具現化は、我が国で初めての快挙であった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、天体観測も可能な高度 37 km を 900 kg の装置を搭載して一ヶ月間飛翔する体積 30 万  $m^3$  の気球の実現に必要な基礎技術の開発にある。小型衛星により宇宙利用の敷居は下がってきたが、数百 kg 以上の観測器が必要な科学実験は、未だコストが高く飛翔機会も少ない大型衛星に依存している。長時間飛翔できるスーパープレッシャー気球は、この状況を改善する切り札である。本研究では、他よりも圧倒的に体積重量比に優れた気球が製作できる皮膜に網をかぶせる手法を発展させ、新しい大気観測手段として利用できる小型気球を実用化すると共に、将来、天体観測実験等に利用する大型気球開発の敷居を下げることを目指した。

## 3. 研究の方法

本研究は、大型 SP 気球に必要な要素技術の開発と品質管理手法の確立を重ね、天体観測等に利用できる大型気球の基礎技術を開発し、小型気球の飛翔試験によって検証することを基本方針として進められた。大型化に伴って必要となる要素技術の開発とパーツごとの確認を行い、気球を製作し、地上での膨張試験によって検証した後、飛翔性能試験を実施した。並行して、材料の強度の評価、不良の気球性能への影響評価を行った。具体的には 4 章に述べるような実験と数値計算とが実施されている。

## 4. 研究成果

研究開始時には、体積 2,000  $m^3$  の気球で体積 1,020 Pa の気球が製作できることにとどまっていたが、2021 年 5 月末の時点では、体積 6,400  $m^3$  の気球で体積 740 Pa の気球が製作できる技術が得られ、気球製作時の信頼性向上、気球形状の理論的理解、材料欠陥や紫外線劣化の影響が許容できることを確認するに至った。一方で、放球時に気球が損傷することも見いだされ、SP 気球としての完成に向けては、気球の強度の向上、あるいは、損傷を与えないような放球方法の改良という課題が残ることとなった。

### (1) 主な成果

網の固定方法の改良による網損傷リスクの回避

網目の固定方法の改良することで、網の縫い付け時に針による損傷で網の強度が下がるリスクを回避しつつ、耐圧性能の向上を目指した。網の横ずれは数値計算で評価しにくく、今後、数

値計算にたよって大型化するにあたってのリスク要因であり、また、耐压性能に悪影響がある可能性も考えられた。新固定方式は、網の交点とフィルムの溶着部を二列直線縫いで固定する方法であり、上の問題の解消に加えて製作時に網を傷つけるリスクが低減できるメリットもある。2017年6月2、3日に地上膨張試験を実施したところ、2016年3月に実施した試験と同様の1020 Paの耐压性能が得られ、この方法で支障がないことが確認された。

#### 体積 6,400 m<sup>3</sup> の気球の地上試験による十分な耐压性能の確認

当初の予定では、飛翔試験を目的として、体積 6,400 m<sup>3</sup> の気球を製作したが、2017年、2018年、2019年と飛翔試験の機会が得られず、開発が停滞したため、2019年11月に展開性能と耐压性能を検証する地上試験を実施した。地上試験を実施した気球の体積としては世界的に見ても最大級である。気球は正常に展開し、400 Pa の差圧に一晩耐え、翌日の加圧試験により 740 Pa の耐压性能が確認された(図1)。気球重量は 93 kg と軽く、この耐压性能は 70 kg の機器を搭載して高度 27 km を飛翔する際に要求される値の倍に相当する。ただし、常温での試験に留まるため、最終的な検証として、低温になる飛翔環境下での耐压性能を確認する必要性がある。

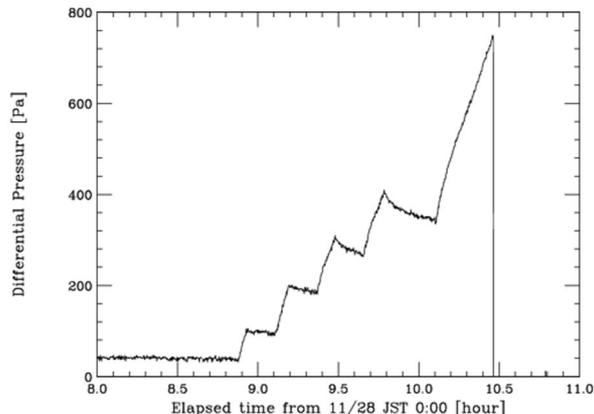


図1 満膨張となった体積 6,400 m<sup>3</sup> の気球(左)と、加圧試験時の差圧の時間変化(右)。

#### 皮膜に網をかぶせた気球の形状、応力の実験的、理論的理解

気球の展開時の形状は、ゼロプレッシャー気球の場合や、縦方向のみに張力のかかる SP 気球の場合において、理論形状が知られているが、その実測値との比較が実施された例はなく、また、皮膜に網をかぶせた気球の理論形状は知られていなかった。

そこで、2016年、2017年に実施した体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球の膨張、破壊試験時に気球形状を測定した。気球の子午線長と半径との関係が得られ、縦方向のみに張力のかかる理論形状(Isotensoid)よりも1%程度縦長になっていることが判明した。

また、変分法を用い、一定の網線長の元で体積を最大化する条件で気球形状を求め、皮膜に働く張力を無視した数値モデルと一致することを確認すると共に、この形状と上で求めた気球形状とが矛盾しないことも確認した。

さらに、体積 6,400 m<sup>3</sup> の気球の場合においても同様の形状測定を行い、慎重な誤差評価の結果、Isotensoid とは一致せず、上のモデルと一致することが確認された(図2)。これは、気球形状の理解の妥当性を示すと共に、製造時の誤差が許容範囲内にあることを示す結果でもある。

また、気球皮膜のひずみの新しい検知の方法として、網の交点位置の変化を映像で取得し、その位置の変化としてひずみを調べる方法を考案し、実際にみかんネットをかぶせたゴム気球に適用し、その有効性を確認した。

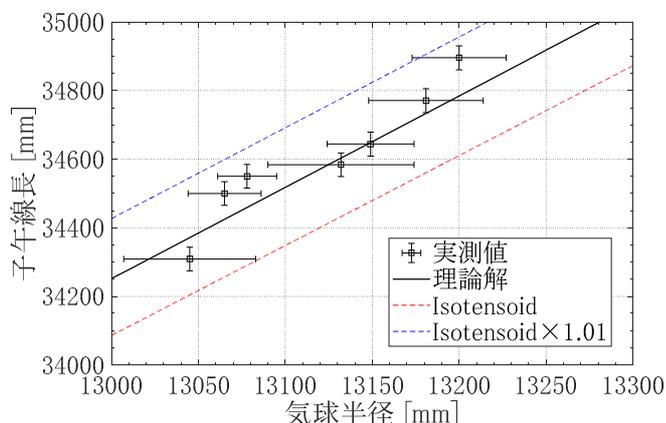
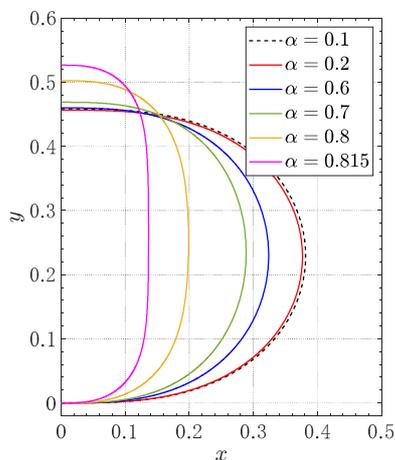


図2 網線数を変化させた際の気球形状変化(左)と、体積 6,400 m<sup>3</sup> 気球の実測値との比較(右)。

### 気球のガス漏れ定量化の手法の確立

気球の気密性能の評価は、加圧し、放置した気球のガス圧の時間変化をモニターする方法が有力だが、測定されるガス圧と大気圧との差圧は、気圧や気温の変動を受ける嫌いがある。そこで、ガス圧と大気圧との差圧を、気温、大気圧、および、気球の体積膨張の関数としてモデル化し、2016年、2017年に実施した体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球の膨張、破壊試験時の測定結果に適用した。図 3 のように、差圧の実測値はモデルでの推測値と概ね一致し、実測値と推測値の差としてガス漏れ量の上限值を求め、それが十分に小さいことを確認した。

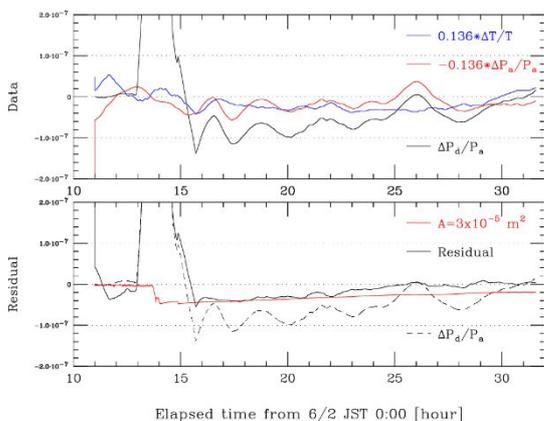


図 3 体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球の差圧の時間変化を、大気圧、温度、および、気球体積の時間変化から推測するモデルを構築し、残差としてガス漏れ量の上限值を求めた。



図 4 スプーラー開放直後の体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球の写真。気球は大きく変形しており、その際に、穴が発生したものと推測される。

### 体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球の飛行性能試験による課題の抽出

2014 年以降、気球の飛行時の耐圧性能と水平浮遊時の高さ変動などの特性を評価する試験を毎年提案し、実験は採択されるものの、飛行機会が得られない事態が続いた。国内では、水平浮遊での飛行試験は困難、と判断し、耐圧性能に絞った実験を実施することとした。これは、体積を 2,000 m<sup>3</sup> に下げ、満膨張となる高度を 10 km まで下げることで飛行時間を短縮し、実験の成立性を向上させたものである。その結果、ついに、2020 年 7 月 14 日に飛行試験が実現された。

しかし、気球は放球直後から上昇速度の低下が見られるという不具合が発生した。パラストを投下して上昇速度を維持し、回収に支障が出ない地点まで東に気球を移動させた後、引き裂き機構を駆動して気球を破壊し、海上に緩降下させて回収した。実験終了後、データの解析、および、回収された気球の調査から、以下が判明している。1. 放球直後の上昇速度の低下速度から、空いた穴の大きさを推定すると 200 cm<sup>2</sup> 程度となること、2. パラストが尽きた後も上昇速度を保持しており、途中で実効的な穴の大きさが小さくなったと考えられること、3. 放球直後の上昇速度も所期の速度よりも低く、上昇速度の低下速度を外挿すると、スプーラー開放の時点から低下がはじまっていることが示唆されること、4. 回収した気球皮膜から、ナイフで切り裂いたような数 cm の長さのスリット状で、切断部近くの傷の「縁」に皮膜が伸ばされた跡が 50 μm 程度の幅で存在する傷が多数見いだされ、中には十字の傷が存在していたこと、5. 皮膜にはモノが押し付けられたような幅 100 μm 程度の凹みも存在していること。これらから、スプーラー開放時に網よりも皮膜が先行して持ち上げられた後、網が急速に加速されて皮膜に衝突したことで、皮膜が衝撃破壊したのが原因と考えており、その仮定、および、その他の可能性を含めた調査、検討、検証を進めている。

### 網の破損の耐圧性能劣化が許容範囲内であることを確認

気球が大型化するにつれ、欠陥のある材料が混入するリスクは高まる。そこで、網に破損箇所があった場合の影響を評価するべく、2017 年 7 月に、網の一部をわざと切断した気球の膨張破壊試験を実施した。その結果、耐圧性能は 8 割まで低下するものの、実用上問題ない耐圧性能が発揮されていることが確認された。

### 気球材料の評価

気球の材料として利用しているポリアリレート繊維からなる網の、ロープとしての強度評価を行い、強度がバルク材の 45% に留まること、強度は繊維の撚り角によって変化すること、ロープが交差し網状の構造をとる場合には交差角が大きくなると強度が劣化することを見出した。

また、耐候性の試験として、網の屋外での太陽光照射実験、および、耐候性試験機を用いた真空中での照射試験を行った。フィルム等のほかの物品は長時間飛行の実績もあり、問題ないが、網は新規開発物品であり、定量的な評価が必要であった。その結果、真空中で照射したものは、100 日の飛行後においても、劣化は許容範囲に収まっており、現状の材料で 100 日以上の飛行が実現しうることが確認された。

## (2) 成果の国内外における位置づけとインパクト

皮膜に網をかぶせる手法により、体積 6,400 m<sup>3</sup> で 93 kg と軽量ながらも十分な耐圧性能を有する気球が製作できることが判明し、NASA が進めている、より大型化することによる飛翔高度を向上させるという方針とは異なる、より軽くすることで飛翔高度を向上させる道があることを示すことができた。

## (3) 今後の展望

現在のボトルネックは、放球時に気球が損傷することである。原因調査は 2021 年 5 月末の時点でも継続しているが、手掛かりが少なく、再現実験に大きなコストがかかることが障害となっている。対策案は、気球皮膜を二重にすることで、穴が発生しにくくすることに加え、穴と穴とが重ならないならば気密性を維持できることといった気球本体の強度を上げる方法に加え、放球時点で気球が大きく変形することを抑制するため、ウインチで気球を引っ張るといった方法で準静的に気球を立て上げて放球するといった方策の検討を進めている。

こういった検討の上で対策を行い、2022 年度には気球を地上と安全ロープでつないだ状態での放球試験を実施し、気球の損傷を調査することを考えている。この課題が解決された後、順次より大型の気球を製作し、飛翔試験を実施することで、最終的には高度 37 km を 900 kg の装置を搭載して一ヶ月間飛翔する体積 30 万 m<sup>3</sup> の気球を実現する予定である。

## (4) スピンアウト

本研究の過程で製作されたポリエチレンフィルム製の体積 10 m<sup>3</sup> 小型気球の内側にゴム気球を入れて膨張させ、気密性能を評価したところ、フィルムに穴があったとしても、十分な気密性能が発揮できることが見出された。これは、ゴムがフィルムに圧迫され、その間の流路が閉塞されるためである。小型気球は体積が小さいため、1 mm<sup>2</sup> 以下の穴であったとしても長時間飛翔にとっては致命的な欠陥となり、この対策に苦慮していたが、ゴムによって皮膜を二層化することでこの問題を解決することができた。この手法は、他予算によって検証が進められ、2021 年 5 月の時点で、体積 200 m<sup>3</sup> で十分な耐圧性能と気密性能を有する気球が製作できることが実証されるに至った。この気球は、2022 年に南極での大気重力波観測に利用される予定である。

本研究の最終ゴールは巨大な気球であるが、開発の過程で製造される小型気球についても科学観測のニーズに合わせて実用化し、科学観測実験への利用を進めてゆきたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 SAITO Yoshitaka, NAKASHINO Kyoichi, AKITA Daisuke, MATSUO Takuma	4. 巻 19
2. 論文標題 Recent Developments on the Super-Pressure Balloon with a Diamond Shaped Net ? Ground Inflation Tests of Two 2,000 m <sup>3</sup> Balloons ?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN	6. 最初と最後の頁 170 ~ 175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.19.170	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yoshitaka Saito, Kyoichi Nakashino, Daisuke Akita, Takuma Matsuo	4. 巻 -
2. 論文標題 Recent Developments on the Super-Pressure Balloon with a Diamond Shaped Net --- Ground Inflation Tests of Two 2,000 m <sup>3</sup> Balloons ---	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd International Symposium on Space Technology	6. 最初と最後の頁 2019-m-20p
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 齋藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、石村 康正、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の実験計画	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 isas19-sbs-016
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 泉 英由美、秋田 大輔、齋藤 芳隆、中篠 恭一、松尾 卓摩	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膜に網を被せたスーパープッシャー気球の形状計算	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 isas19-sbs-018
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 齋藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、泉 英由美、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB7-1気球の地上試験)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第20回宇宙科学シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 p1.51
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 AKITA Daisuke, SAITO Yoshitaka, GOTO Ken, NAKASHINO Kyoichi, MATSUO Takuma, MATSUSHIMA Kiyoho, HASHIMOTO Hiroyuki, SHIMADU Shigeyuki	4. 巻 16
2. 論文標題 Development of a New Super-Pressure Balloon with a Net for High-Altitude and Long-Duration Flights	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN	6. 最初と最後の頁 470-475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.16.470	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koseki Kazuki, Matsuo Takuma, Arikawa Shuichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Measurement of Super-Pressure Balloon Deformation with Simplified Digital Image Correlation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2009.1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8102009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 齋藤 芳隆、後藤 健、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、石村 康正、田村 啓輔、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB2-1、NPB2-2の形状)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 平成29年度大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 isas18-sbs-027
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松尾 卓摩、田中 理紗子、斎藤 芳隆、秋田 大輔、中篠 恭一、後藤 健	4. 巻 JAXA-RR-18-011
2. 論文標題 ポリアリレート繊維を用いた高強度高分子ロープの引張強度特性評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宇宙航空研究開発機構研究開発報告	6. 最初と最後の頁 17-27
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 斎藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、石村 康正、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膚に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の実験計画	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 isas19-sbs-016
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 斎藤 芳隆、後藤 健、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、河端 昌也、田村 啓輔、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膚に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB2-2)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 平成29年度大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 isas17-sbs-017
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中篠 恭一、斎藤 芳隆、後藤 健、秋田 大輔、松尾 卓摩、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膚に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の構造特性」平成29年度大気球シンポジウム	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 平成29年度大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 isas17-sbs-018
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 斎藤 芳隆、後藤 健、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、河端 昌也、田村 啓輔、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 -
2. 論文標題 皮膚に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB2-2、NPB7-1)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第18回宇宙科学シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 P-051
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 AKITA Daisuke, SAITO Yoshitaka, GOTO Ken, NAKASHINO Kyoichi, MATSUO Takuma, MATSUSHIMA Kiyoho, HASHIMOTO Hiroyuki, SHIMADU Shigeyuki	4. 巻 16
2. 論文標題 Development of a New Super-Pressure Balloon with a Net for High-Altitude and Long-Duration Flights	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN	6. 最初と最後の頁 470 ~ 475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.16.470	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 R.Tanaka, T.Matsuo, Y.Saito, K.Goto, K.Nakashino and D.Akita	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of tensile strength and consideration of the rope structure of net for super-pressure balloon	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 8th TSME International Conference on Mechanical Engineering	6. 最初と最後の頁 pp.8-11
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 無
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 田中 理紗子、松尾 卓摩、斎藤 芳隆、秋田 大輔、中篠 恭一、後藤 健	4. 巻 -
2. 論文標題 スーパープレッシャー気球用網に使用されるポリアリレート繊維の曝露試験による劣化特性評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本機械学会, M&M2017 材料力学カンファレンス 講演集	6. 最初と最後の頁 GS0805
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 無
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 中村 聡、中篠 恭一、斎藤 芳隆	4. 巻 57
2. 論文標題 皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の力学的特性に関する数値構造解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 東海大学紀要工学部	6. 最初と最後の頁 pp.43-50
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 斎藤 芳隆、後藤 健、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之	4. 巻 JAXA-RR-17-007
2. 論文標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 -新しい網と皮膜の結合方法の開発-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 大気球研究報告	6. 最初と最後の頁 pp.1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20637/JAXA-RR-17-007/0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計20件(うち招待講演 0件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Yoshitaka Saito , Daisuke Akita , Fuyumi Izumi , Kyoichi Nakashino , Takuma Matsuo , Kiyoho Matsushima , Hiroyuki Hashimoto , Shigeyuki Shimadu
2. 発表標題 DEVELOPMENT OF A SUPER-PRESSURE BALLOON WITH A DIAMOND SHAPED NET; GROUND INFLATION TEST OF NPB7-1
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kyoichi Nakashino , Yoshitaka Saito , Daisuke Akita , Fuyumi Izumi , Takuma Matsuo , Kiyoho Matsushima , Hiroyuki Hashimoto , Shigeyuki Shimadu
2. 発表標題 INFLATED SHAPE OF SUPER-PRESSURE BALLOON WITH DIAMOND-SHAPED NET
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋田 大輔、斎藤 芳隆、山田 和彦、泉 芙由美、中篠 恭一、松尾 卓摩、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 6400m3網気球(NPB7-1)の地上膨張試験
3. 学会等名 2020年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中篠 恭一、斎藤 芳隆、秋田 大輔、松尾 卓摩
2. 発表標題 皮膜に網を被せたスーパープレッシャー気球の膨張時形状
3. 学会等名 2020年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 斎藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、荘司 泰弘、石村 康生、山田 昇、加保 貴奈、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球NPB2-3の飛翔試験(B20-03)結果と地上放球試験の提案
3. 学会等名 2020年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西條達哉、松尾卓摩、斎藤芳隆、秋田大輔、中篠恭一
2. 発表標題 紫外線暴露したポリアリレート製ロープの力学的特性評価
3. 学会等名 第28回機械材料・材料加工技術講演会(M&P2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshitaka Saito, Kyoichi Nakashino, Daisuke Akita, Takuma Matsuo
2. 発表標題 Recent Developments on the Super-Pressure Balloon with a Diamond Shaped Net --- Ground Inflation Tests of Two 2,000 m3 Balloons ---
3. 学会等名 The 32nd International Symposium on Space Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斎藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、石村 康正、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の実験計画
3. 学会等名 2019年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 泉 芙由美、秋田 大輔、斎藤 芳隆、中篠 恭一、松尾 卓摩
2. 発表標題 皮膜に網を被せたスーパープレッシャー気球の形状計算
3. 学会等名 2019年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斎藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、泉 芙由美、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB7-1気球の地上試験)
3. 学会等名 第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤 芳隆、後藤 健、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、石村 康正、田村 啓輔、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB2-1、NPB2-2の形状)
3. 学会等名 平成29年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.Koseki, T.Matsuo, and S.Arikawa
2. 発表標題 MEASURING THE DEFORMATION OF THE SUPER PRESSURE BALLOON USING THE SIMPLIFIED DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD
3. 学会等名 ICEM 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤 芳隆、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、石村 康正、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の実験計画
3. 学会等名 2019年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 芳隆、後藤 健、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、河端 昌也、田村 啓輔、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB2-2)
3. 学会等名 平成29年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中篠 恭一、斎藤 芳隆、後藤 健、秋田 大輔、松尾 卓摩、松島 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の構造特性
3. 学会等名 平成29年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 斎藤 芳隆、後藤 健、山田 和彦、中篠 恭一、秋田 大輔、松尾 卓摩、河端 昌也、田村 啓輔、山田 昇、松嶋 清穂、橋本 紘幸、島津 繁之
2. 発表標題 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 (NPB2-2、NPB7-1)
3. 学会等名 第18回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Akita, Yoshitaka Saito, Ken Goto, Kyoichi Nakashino, Takuma Matsuo, Kiyoho Matsushima, Hiyoyuki Hashimoto, Shigeyuki Shimad
2. 発表標題 Development of a New Super-Pressure Balloon with a Net for High-Altitude and Long-duration Flights
3. 学会等名 International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K.Koseki, R.Tanaka, T.Matsuo, Y.Saito, K.Goto, K.Nakashino and D.Akita
2. 発表標題 Development of Deformation Monitoring Method for Super-Pressure Balloon with Diamond-Shaped Net during the Pressurization Process
3. 学会等名 2017 International Conference on Materials & Processing ICMP2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R.Tanaka, T.Matsuo, Y.Saito, K.Goto, K.Nakashino and D.Akita,
2. 発表標題 Evaluation of tensile strength and consideration of the rope structure of net for super-pressure balloon
3. 学会等名 The 8th TSME International Conference on Mechanical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 理紗子、松尾 卓摩、斎藤 芳隆、秋田 大輔、中篠 恭一、後藤 健
2. 発表標題 スーパープレッシャー気球用網に使用されるポリアリレート繊維の曝露試験による劣化特性評価
3. 学会等名 日本機械学会, M&M2017 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2017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	秋田 大輔  (Akita Daisuke)  (30435812)	東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授   (12608)	
研究分担者	中篠 恭一  (Nakashino Kyoichi)  (60408028)	東海大学・工学部・准教授   (32644)	
研究分担者	松尾 卓摩  (Matsuo Takuma)  (80406834)	明治大学・理工学部・専任准教授   (32682)	

#### 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
---------	---------