

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24246138

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Development of a super-pressure balloon with a net for long duration flight

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) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：既存の科学実験用大気球には長時間飛翔ができないという弱点がある。我々は、それを克服すべく、皮膜に網をかぶせ耐圧性能を持たせたスーパープレッシャー気球の開発を進めた。大型気球に必要な要素技術の開発、小型気球の膨張試験や数値シミュレーションで設計の妥当性の検証を行い、最終的に体積2,000 m<sup>3</sup>で重量54 kgと軽い1,000 Paの耐圧性能を有する気球を開発することに成功した。この気球は、40 kgのペイロードを搭載して高度22 kmの上空を長時間飛翔させることが可能であり、たとえば成層圏の気象観測に利用できる。これは、我が国で初めて科学観測に利用できるSP気球を具現化したことを意味する。

研究成果の概要(英文)：Scientific balloons have weak points that the balloons can not fly long duration flights. To solve the problem, we have been developing a super-pressure balloon by covering its film with a net. We have developed element technologies for large balloons and confirmed balloon design through series of inflation tests of small balloons and numerical simulations. Finally, we have succeeded in developing a super-pressure balloon with a volume of 2,000 m<sup>3</sup>, a weight of 54 kg, and capability to withstand differential pressure of 1,000 Pa. This balloon can fly a long duration flight at an altitude of 22 km with a payload of 40 kg to perform, for example, meteorological observations. This is the first super-pressure balloon in Japan with a capability to perform scientific experiments.

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 非線形有限要素法

## 1. 研究開始当初の背景

科学実験用大気球は、天体観測、宇宙線観測、高層大気の観測、工学実証試験といった幅広い分野にわたる科学実験に利用されているが、長時間の飛翔ができない、という弱点を抱えている。既存の気球では排気口により大気圧と気球内圧が等しくなるように保たれているため、昼夜のガス温度変動で夜間の浮力が減少し、それに対応して、日没時に浮力を補償する錘を投下する必要があるからである。もし、長時間飛翔できる気球が存在すれば、科学観測の可能性は大きく広がる。たとえば、地球周回衛星で行われている天体観測を圧倒的な低コスト化で実施したり、地球大気中を飛翔する気球の特性を生かし、成層圏大気のモニターリング観測を極めて高い精度で行うといった新しい観測を実施したりすることができる。このため、ISAS/JAXA 気球グループでは設立当初から長時間飛翔気球の開発に注力し、最重要項目として開発を進めてきた。

気球を長時間飛翔させる有力な方法がスーパープレッシャー気球(SP 気球)である。気球内圧を常に大気圧よりも高く保つことで体積の変化を抑え、昼夜の浮力変動を抑えるのである。原理は人類が最初に空を飛んだ230年前から知られていたものの、大型気球については耐圧性能が達成できず、未だ実用化されていない。

アメリカ、フランスといった気球実験先進国では精力的に SP 気球の開発が進められている。アメリカは2008年に体積201,000 m<sup>3</sup>の気球を高度33.8 kmにおいて55日間に渡り南極上空を飛翔させることに成功した。実用化は目前と思われたが、翌年のスウェーデンでの飛翔は不成功に終わっている。成功したシステムにおいても、飛翔高度と体積から推定される重量は1.8トンにおよび、通常のゼロプレッシャー気球(ZP 気球)と比較すると倍程度の重量があり、抜本的な軽量化も重要な課題である。

ISAS/JAXA 気球グループも SP 気球の研究に強い興味を持ち、理論的、技術的なブレークスルーを重ね、材料の進化に助けられながら着実に成果をあげてきた。特に平成16年度からは科学研究費を利用し、設計手法、制作手法を開発し、小型気球による地上加圧試験による検証を重ね、最終年度の平成18年度には、実際に体積2,100 m<sup>3</sup>の小型 SP 気球を飛翔させ、気球環境における耐圧性能が1,230 Pa あることを実証するに至った。実際に必要とされる耐圧性能は100 Pa 程度である。この結果を踏まえ、研究所の予算を投入して開発を進めており、極めて近い将来、科学実験用飛翔体として提供することを目指している。

開発を進めるうち、この方法で作られる SP 気球の問題点が明らかになってきた。気球の飛翔高度は、総重量と体積の比で決まる。開発目標としている気球で37 km以上の高度で

の飛翔が要求される X 線観測、宇宙線観測を実施しようとする、気球重量が重い、科学観測機器の可能搭載重量が従来の ZP 気球の半分程度になってしまうのである。アメリカの気球と同様に、我が国で開発している気球も抜本的な軽量化が課題である。

提案者らは、気球を軽量化する方法を検討するうち、高張力繊維でできた菱形の目の網を薄い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た。この方法を用いると、網の目を細かくするほどフィルムへの要求強度が下がるため、目の細かい網を使うことで、フィルム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。原理実証からはじめ、これまでに小型気球による実証(図1)に成功している。この気球を科学観測に利用するためには、大型の気球を開発する必要がある。



図1 網をかぶせた小型気球の膨張試験

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、この「網を皮膜にかぶせる」手法を用いた SP 気球の開発を進め、科学観測に利用できるサイズの長時間飛翔が可能な「軽い」SP 気球を開発することである。

## 3. 研究の方法

気球の開発は、以下の方法で行った。

### (1) 要素技術の開発

大型化に伴って必要となる、1トンの実験装置の吊り下げが可能な尾部構造、手縫いに替えてミシンで網と皮膜を結合する方法、気球実験終了時に気球を破壊する機構等を開発した。

### (2) 数値シミュレーション

非線形有限要素法による数値シミュレーションによって、耐圧性能の定量化、展開安定性の確認、それらと網目のアスペクト比や皮膜長と網線長との関係等を調べ、気球の設計にフィードバックをかけた。

### (3) 小型気球による膨張、破壊試験

開発された要素技術、数値計算結果を取り込み、小型の気球を設計、製作し、地上試験、飛翔試験を通じて設計の妥当性を評価した。

#### 4. 研究成果

本研究を開始した平成 24 年 3 月の時点での網を皮膜にかぶせた SP 気球の開発状況は、体積  $10\text{ m}^3$  の SP 気球の飛翔試験を実施したものの耐圧性能の評価はできず、地上試験で体積  $600\text{ m}^3$  の気球が  $800\text{ Pa}$  の耐圧性を有することに確認するに留まっていた。本研究の中で、大型化に向けた要素技術を開発し、体積  $10\text{ m}^3$  の SP 気球を 3 機、体積  $2,000\text{ m}^3$  を 1 機、 $3,000\text{ m}^3$  を 1 機、 $5,000\text{ m}^3$  を 1 機、製作して、これらの地上試験、2 機の飛翔試験を実施すると共に数値シミュレーションにより設計にフィードバックをかけ、平成 28 年 3 月には、気球重量  $54\text{ kg}$ 、体積  $2,000\text{ m}^3$  で  $1,000\text{ Pa}$  の耐圧性能を有する気球を具現化することに成功した (図 2)。背景で引用した平成 18 年度に製作した体積  $2,100\text{ m}^3$  の気球の重量は  $88\text{ kg}$  であり、実に 4 割の減量に成功したことになる。これだけ軽くなると、 $40\text{ kg}$  のペイロードを搭載して高度  $22\text{ km}$  の上空を長時間飛翔させることが可能であり、たとえば成層圏の気象観測等に利用できる。本研究の目的であった科学観測に利用できる SP 気球の具現化である。これは我が国では初めてとなる快挙であった。しかし、ここにたどり着くまでの開発は、紆余曲折の連続であった。



図 2 : 体積  $2,000\text{ m}^3$  の SP 気球の膨張試験

平成 24 年には、体積  $3,000\text{ m}^3$  の SP 気球を、体積  $15,000\text{ m}^3$  の ZP 気球から吊り下げたタンデム気球システムとして飛翔性能試験を行った (図 3)。気球が設計通りに展開することを確認すると共に、タンデム気球の高度安定性を初めて定量化をすることに成功するなどの成果を得た。しかし、耐圧性能は  $400\text{ Pa}$  程度にとどまっており、この原因として、気球の極部の構造に問題があり、局所的な応力集中が発生していた可能性が判明した。このため、従来、網が展開するにしたがって網の子午線長が縮むことを考慮し、展開前は皮膜の子午線長を網の子午線長より短くしていた設計から、同じ長さにして皮膜に余長を持たせる設計へと変更した。この設計の妥当性を確認するため、体積  $10\text{ m}^3$  の気球を製作し、室温での膨張試験に加えて、 $-30$  度の低温で破壊試験を行い、改良の有効性を確認した。



図 3 : 体積  $3,000\text{ m}^3$  の SP 気球の飛翔試験

平成 25 年には、地上試験と同一設計の SP 気球の飛翔性能試験を実施し、成層圏の低湿環境下において、最大差圧  $6,230\text{ Pa}$  に耐えることを実証し、改良の有効性を確認した (図 4)。

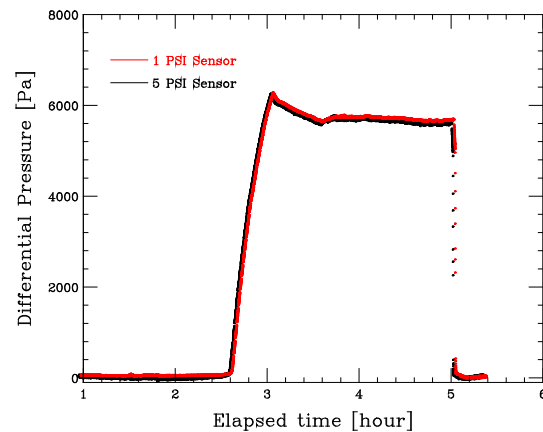


図 4 : 体積  $10\text{ m}^3$  の SP 気球の飛翔試験時に得られた気球皮膜内外の圧力差

また、これまで皮膜と網との結合は手縫いで行っていたが、製作に手間がかかり、結び目が気球の打上時に放球装置に押し付けられる際に皮膜を傷つける恐れがあるため、ミシンで縫い付ける方法を開発した。加えて、引き裂き機構と気球尾部構造との干渉を避けることができる尾部構造を開発した。

平成 26 年には、上の網取付け方法、尾部構造を適用した体積  $5,000\text{ m}^3$  のスーパープレッシャー気球を製作し、6 月の飛翔試験に臨んだが、飛翔機会が得られなかった。そこで、代替として、地上での膨張破壊試験を 9 月に行ったところ、図 5 のように、気球引き裂き機構の気球頭部側のフィルムが破壊し、十分な耐圧性能が得られない、という問題が判明した。これは、引き裂き機構部に伸びが小さく、かつ貼り付け後に縮むフィルムを貼り付けていることに伴う応力集中のためであった。



図 5: 体積 5,000 m<sup>3</sup> の SP 気球の破壊箇所

そこで、引き裂き機構部の補強と、網をフィルムよりも短くしてフィルムへの応力を下げる改良を同気球に施し、平成 27 年 6 月に地上で膨張破壊試験を実施した。すると、一部のフィルムが展開せず、非対称な形状に膨張し、網の一部に応力が集中し、破断するという新たな問題が判明した。展開安定性を確保しつつ、フィルムへの応力を下げる方法を、数値シミュレーション等を用いて検討した。必要な皮膜の余長は子午線方向が主であり、周方向の余長を設けないことで、これが実現できる見通しがたったため、ゴア形状を細長くするという改良を施した体積 10 m<sup>3</sup> の気球を 11 月に製作し、地上膨張試験により対策の有効性を確認した(図 6)。この方法で体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球を製作し、冒頭に述べたように、我が国で初めて実用的な小型 SP 気球が成立したことを実証するに至った。



図 6: 体積 10 m<sup>3</sup> の SP 気球の膨張試験

この体積 2,000 m<sup>3</sup> の気球は、実用上十分な耐圧性能は達成しているものの、理論的には、さらに 3 倍高い耐圧性能も達成可能である。この違いの要因は、網と皮膜の結合部付近で網の偏りが発生していることにあり、この影響は、網と皮膜との結合間隔を密にすることで低減できる。今後、これまでに得られた知見を元に SP 気球を製作し、この改良の実証や飛行試験での実証を進めたい。また、これまでの開発では、日程度のタイムスケールでの耐圧性能に主眼を置き開発を進めてきたが、数ヶ月の飛行を具現化するには、気密性の確保、耐候性の確保も重量な課題であり、今後の開発が必要である。

開発開始から 5 年が経ち、宇宙科学の長期ビジョンでも気球による長時間科学観測が盛り込まれるなど、長時間飛行気球の要求は増々高まっている。アメリカは平成 27 年 3 月に 32 日間に渡る飛行を SP 気球で具現化し、平成 28 年 5 月にも SP 気球の飛行試験を実施し、2 週間以上の飛行に成功するに至った。本格的な SP 気球による長時間科学観測が実施される時代への突入である。とはいえ、飛行高度は依然として 33 km に留まっており、軽量化という課題は抱えたままである。我々は、今後も、より大型の軽い SP 気球の開発を精力的に進め、大型 SP 気球による科学観測の時代の幕上げこそアメリカに譲ったものの、37 km 以上の高度での飛行が要求される X 線観測、宇宙線観測の具現化は我々の手で成し遂げたいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 15 件)

1. 斎藤芳隆、山田和彦、藤原正智、“対流圏界面観測用超小型タンデム気球の開発” 第 29 回大気圏シンポジウム集録、査読無、2016

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/563604/1/SA6000051030.pdf>

2. 斎藤芳隆(12 人中 1 番目)、後藤健(2 番目)、中篠恭一(3 番目)、秋田大輔(4 番目)、松尾卓摩(5 番目)、田村啓輔(7 番目)、他、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発-新ゴア形状の気球の展開試験” 第 16 回宇宙科学シンポジウム集録、査読無、2016

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/560390/1/SA6000046211.pdf>

3. 斎藤芳隆(13 人中 1 番目)、後藤健(2 番目)、中篠恭一(4 番目)、秋田大輔(5 番目)、松尾卓摩(6 番目)、田村啓輔(8 番目)、他、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(NPB5-1a)” 平成 27 年度大気圏シンポジウム集録、査読無、2015

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/556266/1/SA6000044008.pdf>

4. 中篠恭一、斎藤芳隆、後藤健、秋田大輔 “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について” 平成 27 年度大気圏シンポジウム集録、査読無、2015

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/556222/1/SA6000044009.pdf>

5. Saito Yoshitaka(7 人中 1 番目) et al, “Development of a Super-Pressure Balloon with a Diamond-Shaped Net” *Advances in Space Research*, 査読有、54, pp. 1525-1529,

2014, DOI:10.1016/j.asr.2014.06.043

6. 齋藤芳隆(13人中1番目)、後藤健(2番目)、中篠恭一(4番目)、秋田大輔(7番目)、田村啓輔(8番目)、他、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(NPB5-1)”平成26年度大気球シンポジウム集録、査読無、2014

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/9524/1/SA6000021012.pdf>

7. 齋藤芳隆(7人中1番目)、他、“スーパープレッシャー気球とゼロプレッシャー気球を組み合わせたタンデム気球の開発2”宇宙航空研究開発機構研究開発報告、査読有、RR-13-011, pp. 1-34, 2014

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/20570/1/62303001.pdf>

8. 齋藤芳隆(9人中1番目)、後藤健(2番目)、中篠恭一(3番目)、秋田大輔(6番目)、他、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(BS13-04実験)”宇宙航空研究開発機構研究開発報告、査読有RR-13-011, pp. 35-60, 2014

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/17509/1/62303002.pdf>

9. 齋藤芳隆(11人中1番目)、後藤健(2番目)、中篠恭一(3番目)、秋田大輔(6番目)、田村啓輔(7番目)、他、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発”、第14回宇宙科学シンポジウム集、査読無、2014

<http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/sss14/paper/P2-243.pdf>

10. 齋藤芳隆(12人中1番目)、後藤健(2番目)、中篠恭一(3番目)、秋田大輔(6番目)、田村啓輔(7番目)、他“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(BS13-04実験)”平成25年度大気球シンポジウム集録、査読無、2013

[http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2013/image/1114\\_balloon\\_proc/isas13-sbs-015.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2013/image/1114_balloon_proc/isas13-sbs-015.pdf)

11. 古田良介、中篠恭一、“高張力網を被せたパンプキン型気球の膨張時形状について”平成25年度大気球シンポジウム集録、査読無、2013

[http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2013/image/1114\\_balloon\\_proc/isas13-sbs-016.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2013/image/1114_balloon_proc/isas13-sbs-016.pdf)

12. 古田良介、中篠恭一、“DLT法を用いたスーパープレッシャー気球膨張形状の三次元形状測定”第57回宇宙科学技術連合講演会集録、査読無、2013

13. 堂本航大、中篠恭一、“高張力網を被せたスーパープレッシャー気球の有限要素解析”、第57回宇宙科学技術連合講演会集録、査読無、2013

14. 齋藤芳隆(12人中1番目)、後藤健(2番目)、中篠恭一(5番目)、秋田大輔(6番目)、田村啓輔(7番目)、他“スーパープレッシャー気球とゼロプレッシャー気球を組み合わせた長時間飛行気球の開発II”平成24年度大気球シンポジウム集録、査読無、2012

[http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2012/image/1016\\_balloon\\_proc/isas12-sbs-008.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2012/image/1016_balloon_proc/isas12-sbs-008.pdf)

15. 中篠恭一、齋藤芳隆“高張力網を被せたパンプキン型気球の応力分布ならびに展開性能に関する数値構造解析について”平成24年度大気球シンポジウム集録、査読無、2012

[http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2012/image/1016\\_balloon\\_proc/isas12-sbs-009.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2012/image/1016_balloon_proc/isas12-sbs-009.pdf)

[学会発表] (計21件)

1. 齋藤芳隆、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発 体積2,000 m<sup>3</sup> 気球の地上試験結果の報告”日本物理学会第71回年次大会、2016年03月19~22日、東北学院大学

2. 齋藤芳隆、“対流圏界面観測用超小型タンデム気球の開発”第29回大気圏シンポジウム、2016年03月7日~8日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス

3. 齋藤芳隆、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(NPB5-1a)”平成27年度大気球シンポジウム、2015年11月5~6日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス

4. 中篠恭一、“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について”平成27年度大気球シンポジウム、2015年11月5~6日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス

5. 齋藤芳隆、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発 - 体積5,000 m<sup>3</sup> 気球の地上試験結果の報告 - “日本物理学会秋季大会、2015年09月25~28日、大阪市立大学

6. 齋藤芳隆、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(NPB5-1)”日本天文学会秋季年会、2015年9月9~11日、甲南大学

7. 古田良介、“DLT法を用いたスーパープレッシャー気球の3次元形状同定”第58回宇宙科学技術連合講演会、2014年11月12~14日、長崎ブリックホール

8. 齋藤芳隆、“皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(NPB5-1)”平成26年度大気球シンポジウム、2014年11月6~7日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス

9. 齋藤芳隆、“皮膜に網をかぶせたSP気球の開発”スーパープレッシャー気球研究会、2014年09月29日、宇宙航空研究開発機構相

模原キャンパス

10. 齋藤芳隆、”皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発” 日本物理学会秋季大会、2014年9月18～21日、佐賀大学
11. 齋藤芳隆、”皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発” 日本天文学会2014年秋季年会、2014年9月11～14日、山形大学
12. Yoshitaka Saito、”Development of a 5,000 m<sup>3</sup> super-pressure balloon with a diamond-shaped net” 40th COSPAR (国際学会)、2014年8月2～10日、Moscow
13. 齋藤芳隆、”皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発” 日本物理学会第69回年次大会、2014年03月27～30日、東海大学湘南キャンパス
14. 齋藤芳隆、”皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発” 第14回宇宙科学シンポジウム、2014年1月9～10日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス
15. 古田良介、”高張力網を被せたパンプキン型気球の膨張時形状について” 平成25年度大気球シンポジウム、2013年11月14～15日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス
16. 齋藤芳隆、”皮膜に網をかぶせた長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発(BS13-04実験)” 平成25年度大気球シンポジウム、2013年11月14～15日、宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス
17. 堂本航大、”高張力網を被せたスーパープレッシャー気球の有限要素解析” 第57回宇宙科学技術連合講演会、2013年10月9～11日、米子コンベンションセンター
18. 古田良介、”DLT法を用いたスーパープレッシャー気球膨張形状の三次元形状測定” 第57回宇宙科学技術連合講演会、2013年10月9～11日、米子コンベンションセンター
19. 齋藤芳隆、”科学実験用大気球の現状” 第16回南極エアロゾル研究会講演、2013年07月29～30日、国立極地研究所
20. Nakashino Kyoichi、”Structural characteristics of a super-pressure balloon with a diamond shaped net” 39th COSPAR Scientific Assembly、2012年7月14～22日、Mysore、
21. Saito Yoshitaka、”Development of a super-pressure balloon with a diamond-shaped net” 39th COSPAR Scientific Assembly、2012年7月14～22日、Mysore

[その他]

アウトリーチ

1. 齋藤芳隆、”科学観測用気球の開発” 南西フォーラム、2015年2月18日、相模原市立産業会館
2. 齋藤芳隆、”大気球による科学実験と気

球の開発” キャパシターフォーラム講演会、2012年5月18日、リコー新横浜事業所

ホームページ情報

1. “平成26年度第一次気球実験期間の追加設定について”  
[http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2014/0523\\_balloon.shtml](http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2014/0523_balloon.shtml)
2. “大気球実験 BS13-04 終了”  
<http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2013/0525.shtml>
3. “平成25年度第一次気球実験の実施について”  
[http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2013/0425\\_balloon.shtml](http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2013/0425_balloon.shtml)
4. “2012年度第一次気球実験の実施について”  
[http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2012/0525\\_balloon.shtml](http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2012/0525_balloon.shtml)
5. “大気球実験 B12-02 終了”  
<http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2012/0611.shtml>

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

中篠 恭一 (NAKASHINO, Kyoichi)

東海大学・工学部・准教授

研究者番号：60408028

秋田 大輔 (AKITA, Daisuke)

東京工業大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：30435812

後藤 健 (GOTO, Ken)

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：40300701

(3) 連携研究者

田村 啓輔 (TAMURA, Keisuke)

名古屋大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：80271526

松尾 卓摩 (MATSUO, Takuma)

明治大学・理工学部・准教授

研究者番号：80406834