

A22 硬式野球用ヘルメットの耐衝撃性能(野球2・他)

森田, 敏則 / NAGAO, Hiroshi / TERANISHI, Yukihiro /
NAGAMATSU, Akio / 関, 将見 / IWAHARA, Mitsuo / 渡邊, 敬
人 / 新井, 和吉 / 岩原, 光男 / 長松, 昭男 / 寺西, 幸弘 /
長尾, 裕史 / SEKI, Masami / MORITA, Toshinori / WATANABE,
Takahito / ARAI, Kazuyoshi

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集

(巻 / Volume)

2006

(開始ページ / Start Page)

116

(終了ページ / End Page)

119

(発行年 / Year)

2006-11-08

A22 硬式野球用ヘルメットの耐衝撃性能

Impact performance of helmet for baseball

○ 関 将見 (クリナップ(株))	森田 敏則 (大和ハウス工業(株))
渡邊 敬人 (いすゞ自動車(株))	正 新井 和吉 (法政大)
正 岩原 光男 (法政大)	正 長松 昭男 (法政大)
正 寺西 幸弘 (ミズノ(株))	正 長尾 裕史 (ミズノ(株))
Masami SEKI,	Cleanup Co.,ltd.
Toshinori MORITA,	Daiwa House Industry Co.,ltd.
Taketo WATANABE,	Isuzu Motors Limited
Kazuyoshi ARAI,	Hosei University, Kajino-cho, Koganei-shi, Tokyo
Mitsuo IWAHARA,	Hosei University
Akio NAGAMATSU,	Hosei University
Yukihiko TERANISHI,	Mizuno Co.
Hiroshi NAGAO,	Mizuno Co.

A helmet of a baseball player is important protective gear to prevent a head injury when hit by a pitch. Although the impact performance of a helmet has been evaluated, the change in its impact performance when hit again has not yet been considered. This is because once a helmet receives a big impact, it is not re-used even if there is no visible damage to its surface. However, if the damage is not visible, there is a possibility that the same helmet is re-used. In this study, a baseball ball launcher was built, and a repeat impact experiment with a helmet put on the head model and a ball was conducted. The effect of the number of impact times on the acceleration which acts in the head model was considered.

Key Words : Helmet, Baseball, Repeat Impact, Acceleration, Impact Energy

1. 緒言

野球用ヘルメットは、プロや一般的な成人だけでなく、高校野球やリトルリーグで使用されるように多くの青少年も使用する用具である。特に、青少年は体の発達も未熟で、外部からの衝撃にも十分な対応が出来ていない。スポーツ競技に事故はつきものであり、野球でも死球、いわゆるデッドボールといわれる事故がよく見受けられる。実際に投手の失投による頭部への死球によって、打者が重篤となる、あるいは死亡事故が報告されたこともある¹⁾。死球による打者の死亡事故は、頭蓋骨骨折によって引き起こされる急性硬膜外血腫がほとんどの原因である²⁾。したがって、ヘルメットを着用することによって頭蓋骨骨折を防ぐことができれば、死球による死亡事故を防げることになる。

野球用ヘルメットは頭部へのデッドボールによる怪我を防ぐ重要な手段の一つであり、ヘルメットの耐衝撃性能の評価に関する研究が行われており^{1),3),4)}、ボールが衝突した際の人間の頭部に作用する加速度を最小にすることが最も重要と思われる。しかし、ヘルメットとボールとの繰り返し衝突によるヘルメットの耐衝撃性の変化に関する研究はほとんど行われていない。これは、一度でも大きな衝撃を受けたヘルメットは、外観に損傷がなくても使用しないこと⁵⁾が前提にあるが、実際には外見からヘルメットの損傷が判別できない場合、衝撃を受けたヘルメットを再度使用してしまう懸念がある。

そこで本研究では、硬式野球ボール発射装置を作製し、人頭模型に被せたヘルメットとボールとの繰り返し衝突実験を行い、衝突回数が人頭模型の加速度に及ぼす影響とヘルメットの損傷、および衝突前後のボールのエネルギー変化について検討を行った。

2. 実験

2.1 硬式野球用ヘルメットおよび硬式ボール

ヘルメットには硬式野球用ヘルメット(ミズノ(株)製, 2HA-166)を用い、そのシェル材料は変性ABS樹脂である。ライナーは、頭部全体をポリスチレン発泡体に覆われており、さらに側頭部がポリスチレンとビニルポリイソブレンのトリブロック共重合体の発泡体、イヤーフラップ部がポリスチレン発泡体とポリウレタン発泡体の2層構造となっている。硬式ボール(ミズノ(株)製)は質量147.05~148.86g、外径73.50~75.45mmで、材質はボールの中心から、コルク、ゴム(二層)、糸糸、牛皮の順に層状となっている。

ヘルメットを装着する人頭模型は、JIS T8133に基づき3000Hz未満の固有周波数を示さない質量5.05kgのMg合金製(特殊機器(株)製)のものを用いた。

2.2 実験装置および条件

野球用ボールの発射装置には、ピッチングマシンがあるが、ヘルメットへのボール衝突位置や衝突速度を詳細に制御することを目的に、野球用ボール発射装置の試作を行った。図1に試作したエアガン方式の野球用ボール発射装置⁶⁾(高圧システム(株)製)の概略図を示す。本装置は、加圧が容易な液化CO₂を用いてボールを加速するものであり、ボンベ、蓄圧器、高圧カップリング、加速管および試料室から構成される。作動流体(CO₂)を蓄圧器に加圧し、蓄圧器内の圧力が高圧カップリングに装着されたラプチャー板の所定破断圧力まで達すると、ラプチャー板が破断し、蓄圧器内の高圧流体が断熱膨張により加速管に流入し、加速管内に装填されたボールが加速する原理となっている。加速管は、内径76.6mm、長さ2mのものを使用した。ボー

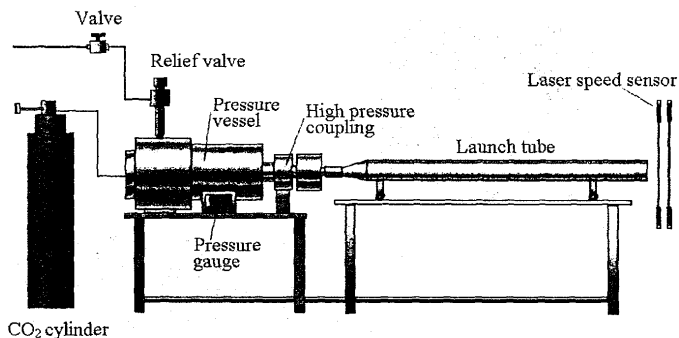


Fig.1 Schematic diagram of baseball ball launcher

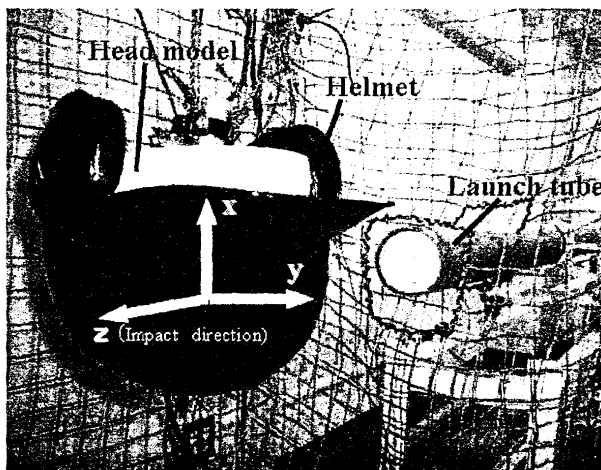


Fig.3 Photograph of helmet in test chamber

ルの速度測定には 2 対のレーザー速度センサ (KEYENCE 製) および高速度ビデオカメラ (フォトロン製) を用いた。

試作した野球用ボール発射装置の性能を検討するため、図 2 にラプチャー板破断圧力と硬式および軟式用ボールの発射速度の関係を示した。ボール発射速度はラプチャー板の破断圧力にほぼ比例して増加しており、本装置により人間の投球速度域を再現できている。また、軟式ボールに比べて硬式ボールは質量が大きいため、同一速度で発射するためには、より高い圧力が必要である。

図 3 には、衝突実験を行う衝突試料室内に設置したヘルメットの写真を示す。設置条件等は、実際に衝突試験を行っている日本車両検査協会の条件を参考にした。ヘルメットは人頭模型に被せ、頭頂部が下になるように吊り下げた状態とし、衝突方向に対し 6 度傾斜させた。人頭模型の内部には三軸の圧電式加速度計 (PCB PIEZOTRONICS 製) を設置し、衝撃によって発生する加速度を測定する。加速度計は一軸 (z) がボールの発射方向の軸となるように、他の二軸 (x, y) がそれぞれ z 軸に対して垂直な鉛直および水平方向となるように設置した。加速度の応答は分析処理器 (CAT SYSTEM SA-01, リオン製) を用いて出力した。ヘルメットへのボール衝突箇所は左側頭部と右イヤーフラップ部の 2 箇所とした。

3. 実験結果および考察

3.1 衝突による発生加速度の評価

図 4 にヘルメットにボールを衝突させた場合の、人頭模型内部の 3 方向加速度の時間変化の一例を示した。加速度は、ボール発射方向 (衝突方向) が主となるが、次式により 3 軸を合成させた合成加速度 a を求め、そのピーク値で評価するものとした。

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \dots \dots \dots (1)$$

3.2 繰り返し衝突による発生加速度とヘルメットの損傷

硬式野球用ヘルメットに硬式ボールを繰り返し衝突させ、人頭模型内部に作用する加速度とヘルメットの衝突回数 (1 つのヘルメットに対して側頭部には計 5 回、イヤーフラップ部には計 4 回衝突させた。また、1 回衝突させる度にヘルメットのライナー材の破損状況を確認した。

ほぼ同一速度 (40m/s) で衝突させた場合の衝突回数と人頭模型内部に作用する加速度の関係を図 5 に示す。1 回目に発生する加速度に対して、2 回目以降の加速度は著しく増加し、また、2 回目と 5 回目を比較すると加速度はほぼ同一であった。このことより、人頭模型内部の加速度は衝突回数ではなく、最初の衝突に影響していることが分かる。

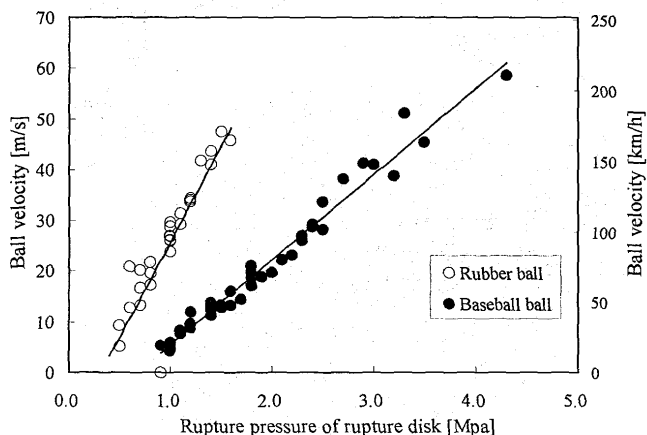


Fig.2 Relation between ball velocity and rupture pressure of rupture disk

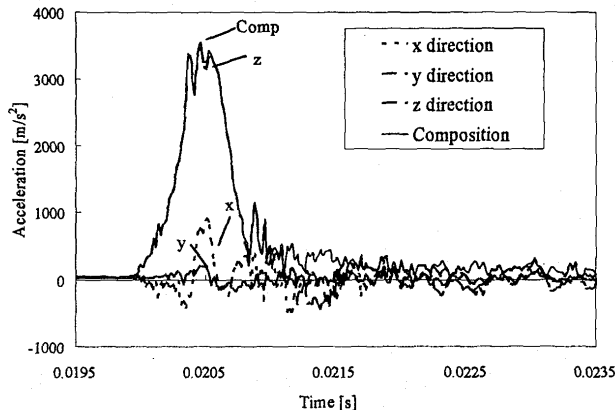


Fig.4 Acceleration in head model by impact to one side of helmet (39.6m/s)

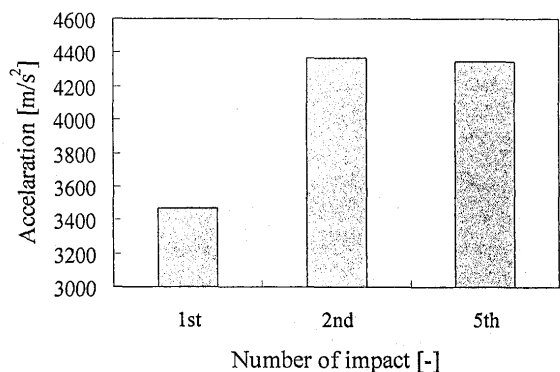


Fig.5 Relation between acceleration and number of impact

そこで、1回目の衝突によるライナー材およびシェル材の破損状況を観察した。側頭部衝突では20m/s以下の速度域ではライナー材およびシェル材に破損は見られなかったが、25m/s以上の衝突速度では、1回の衝突によって図6に示すようにライナー材に亀裂が見られた。イヤーフラップ部では、外見上からは損傷が確認できないが、内部のライナー材には2層の外側であるポリスチレン発泡体に亀裂が見られた。(図7(a))、さらに、イヤーフラップ部では、高速衝突において外側のシェルにも亀裂が生じた(図7(b))。以上のことより、側頭部およびイヤーフラップ部ともに1回目の衝撃でライナー材が破損すると2回目以降の衝撃では人頭模型に発生する加速度は著しく上昇することから、加速度は衝突回数ではなくライナー材の破損に大きく影響していると考えられる。

3.3 繰り返し衝突による加速度の変化

ヘルメットに硬式ボールを複数回衝突させ、衝突回数がヘルメットの耐衝撃性能に及ぼす影響を検討した。加速度と衝突回数の関係として、衝突箇所が側頭部およびイヤーフラップ部のものをそれぞれ図8および図9に示す。ヘルメットは新品のものに衝突させた場合、すなわち、1回目の衝突をnewヘルメット、2回目以降の衝突のものをusedヘルメットとした。ただし、左側頭部で衝突試験を行なったヘルメットでも右イヤーフラップ部にて衝突試験を行う場合はnewヘルメットとした。なお、ヘルメットの耐衝撃性能を評価するためには、ヘルメットが人頭模型内部の加速度にどれほどの影響を与えるかを知る必要がある。そのためにヘルメットを装着せずに人頭模型のみにボールを衝突させ、そのときの人頭模型内部の加速度も計測した。

側頭部およびイヤーフラップ部ともに、低速(20m/s)では繰り返し衝突による加速度の変化はほとんど見られないが、衝突速度が約25m/s以上では1回目の衝突と2回目以降の衝突では差が増大している。(財)製品安全協会⁵⁾で定められた野球用ヘルメットの認定基準⁵⁾では、速度30m/sで硬式野球ボールの衝撃を加えた場合の人頭模型に加わる加速度を計測する方法で評価を行い、計測された加速度が2450m/s²以下であることとなっている。速度30m/sで側頭部に衝突させた場合、2回目以降では基準の2450m/s²を超えてしまっていることがわかる。

このことより、約25m/s以上の衝突速度では1回の衝突でライナー材が破損する結果、2回目以降の衝突では人頭模型内部に発生する加速度が増加することとなり、青少年の投球速度域(90km/h以上)で一度衝撃を受けたヘルメットの使用は避けるべきである。

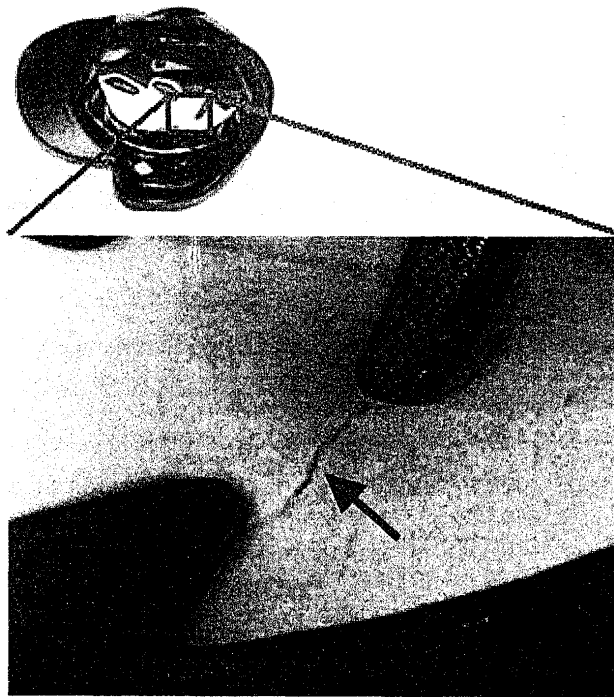
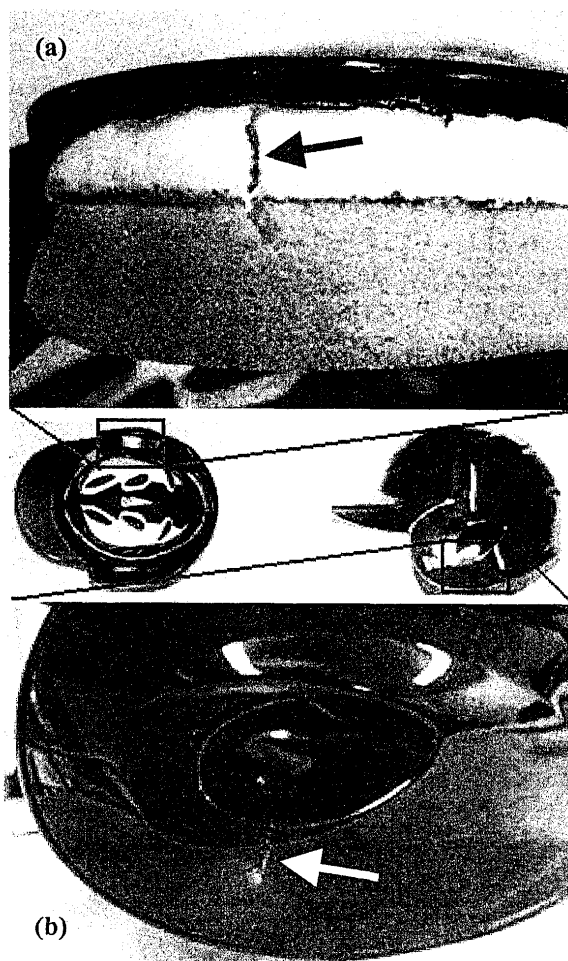


Fig.6 Failure of liner material by ball impact to side of helmet

Fig.7 Failure by ball impact to ear flap of helmet
(a)liner material, (b)shell material

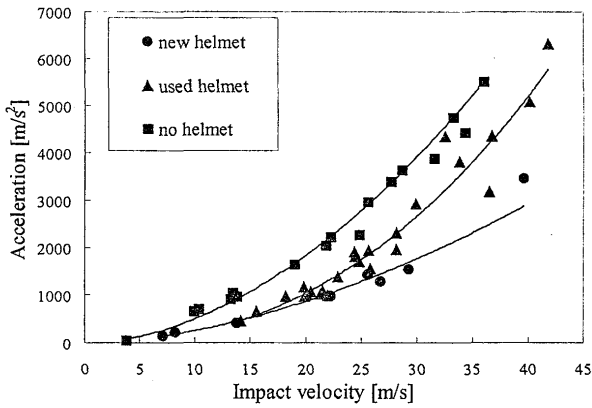


Fig.8 Relation between acceleration and impact velocity (side of helmet)

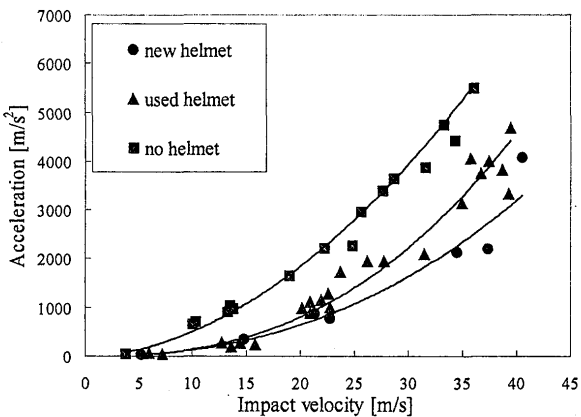


Fig.9 Relation between acceleration and impact velocity (ear flap of helmet)

3.4 衝突によるエネルギー損失

図 10 に高速度ビデオカメラによるヘルメットとボールの衝突の画像を示す。衝突時にヘルメットおよびボールが大きく変形している。これらの画像から、ヘルメットに衝突前後のボール速度を求め、次式により衝突前後のボールのエネルギー差(損失エネルギー*E*)を求めた。

$$E = \frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2) \dots \dots \dots (2)$$

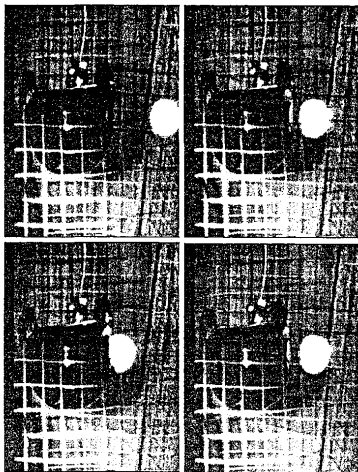


Fig.10 Photographs of impact by high-speed video camera

ここで、*m* は硬式ボールの質量、*v*₁ は衝突直前の速度、*v*₂ は衝突直後の速度である。

図 11 に、衝突速度と衝突前後のボールのエネルギー差(損失エネルギー*E*)との関係を示した。ボールがヘルメットに衝突した時の衝突エネルギーの内、約 80% がヘルメットおよび人頭模型に吸収され、残りの約 20% が反発エネルギーとなっている。さらに、new ヘルメットと used ヘルメットでは、損失エネルギー差にほとんど差異がない。これらのことから、ヘルメットを含めた人頭模型が受ける衝突エネルギーは、ヘルメットの内部ライナー材の破損によらず、これらの割合は一定であることがわかる。

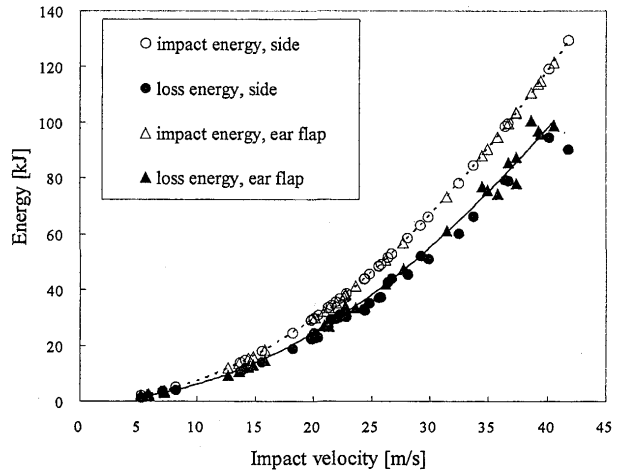


Fig.11 Relation between loss energy and impact velocity of ball

4. 結言

ボール衝突時に人頭模型内部に発生する加速度は、ヘルメットが一度大きな衝撃を受けライナー材が破損すると、二回目以降の衝撃では人頭模型に発生する加速度が著しく上昇してしまう。したがって、ライナー材の破損後に衝撃が加わると、ボールの持つ衝突エネルギーをヘルメット(ライナー材)が吸収しきれずに、頭部(人頭模型)へ衝撃が伝達してしまうものと考えられる。

参考文献

- 1) 小林肇, 益澤秀明, 越山健彦, 横山博, 野球用ヘルメットの安全性, 日本機械学会スポーツ工学シンポジウム, No. 00-38, 2000, pp. 26-29.
- 2) 益澤 秀明, 野球用ヘルメットにおける頭部外傷予防効果, 製品と安全, 第 48 号, 1993, pp. 10-23.
- 3) 小林肇, 江崎久男, 頭蓋骨の骨折強度-野球用ヘルメットの仕様に向けて-, 日本機械学会スポーツ工学シンポジウム, No. 97-34, 1997, pp. 145-148.
- 4) 宇治橋貞幸, 伊能教夫, 土井一素, 高鐵雄, スポーツ用ヘルメットの頭部保護性能と評価法, 日本機械学会 機械力学・計測制御講演論文集 (Vol. B), No. 98-8 I, 1998, pp. 152-155.
- 5) 野球用ヘルメットの認定基準及び基準確認方法, 製品安全協会, CPSA0005 (1996).
- 6) 新井和吉, 増田望, 福島恵太, 吉良知弘, 超臨界流体を用いた飛翔体発射装置の開発, 第 47 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 2003, pp. 288-291.