

平成3年度 修 士 論 文

論文題目：「弓射動作の改善に向けての聴覚フィードバック法の有効性について」

指導教官：浅見 高明教授

所 属：筑波大学大学院修士課程  
体育研究科コーチ学専攻

学籍番号：903572

氏 名：杉本 光公

## 目次

はじめに		
第一章	序論	…1
第一節	運動学習とフィードバック	…1
第二節	弓道における射術	…5
第三節	射癖	…9
第四節	ゆるみの矯正	…10
第五節	研究目的	…12
第二章	方法	…14
第一節	実験1-1 ゆるみの検出について	…14
第二節	実験1-2 フィードバックによる（ゆるみの矯正）	…16
第三節	実験2 フィードバックトレーニング	…18
第三章	結果	…20
第一節	実験I-1の結果	…20
	実験1-2の分析結果	
第四章	考察	…23
第一節	実験1-1-の考察	…23
第二節	実験1-2の考察	…24
第三節	実験2の考察	…25
第五章	まとめ	…27
第六章	研究の限界及び今後の課題	…29

註	…30
謝辞	…31
引用文献	…32
写真1、写真2	…35
表1～表12	…36
図1～図19	…46

## 第一章 序論

### 第一節 運動学習とフィードバック

#### (1) フィードバックの定義

人間を一個の情報処理系とみなす概念が運動学習に導入されて以来、フィードバックの作用機序が問題にされてきた。このフィードバックという概念は、サイバネティクス分野では一般的であるが、心理、教育、社会などの情報の伝達や、制御システムの記述に用いられるようになってきたのは最近のことである。サイバネティクスにおけるフィードバックは、Maxwell(1868)のガバナー(蒸気機関の速度を一定に保つための装置)に関する論文に遡ることができる。Wiener(1961)は、フィードバックを「与えられたパターンに動きを合わせようとするとき、このパターンと実際の動きとの差は、その差自身を小さくさせるために新しい入力として用いられる。」と定義した。これらのフィードバックは正確には負のフィードバック(ネガティブフィードバック)である。これは望む動作、行動または現象からのずれを増大させるのではなく、減少させるようなフィードバックだからである。またこのフィードバックを受けて実際に状況の変化に応じて目標を達成するために働く機構をサーボ機構という。

#### (2) フィードバックの分類

Robb(1966)は、フィードバックを情報の時間関係に基づいて、同時

的フィードバック (Concurrent Feedback) と最終的フィードバック (Terminal Feedback) に分け、さらに、内的フィードバック (Internal Feedback) と外的フィードバック (External Feedback) とに分類している。同時的フィードバックというのは、パフォーマンスと同時に与えられる情報に基づいたフィードバックであり、最終的フィードバックとは完了した反応の結果として生じる情報によるフィードバックである。また内的フィードバックとは、自己受容器からの様々な情報 (筋感覚、圧感覚等) を受け取るフィードバックである。外的フィードバックとは、外部刺激 (光・音・圧) によって刺激されたそれぞれの感覚器から受け取るフィードバックである。

フィードバックという用語は、結果についての知識 (Knowledge of result :KR)、強化 (Reinforcement)、報酬 (Rewards)、動機づけ (Motivation)、などと同義として扱われている。古典的な見地において、全ての形のKRが賞あるいは罰と見なされ得るし、報酬をもたらす結果がそれに先立つ行動を保持する機能がある。これはKRの動機的側面を強調する強化理論であり、動物実験にしっかりと基礎をおいている。一般に、本来的 (Intrinsic) KRは普通に存在している。例えば、骨格筋組織の運動は常に2群の筋運動、即ち、収縮と伸展からなる。このような運動が滑らかで効率的に遂行されるためには相互支配 (Reciprocal innervation) の系が必要であり、これが筋間のフィードバック・ループを含んでいる。このフィードバックは、反射弓を含んだ基本的なレベルにおいて機能しており、運動の自動制御には不可欠な機能である。これに対して、人工的 (Artificial) KRによるより高いレベルでのフィードバックでは、中枢神経系が関与し、外受容器からのフィードバック情報により、課題との差を少なくするように作用する。このような付加的

フィードバック・ループは付加的KRまたは増加されたフィードバック (Augmented feedback) と呼ばれる。

Singer(1975)は付加的フィードバックを有益に利用するには、次の点に関して考慮されなければならないとしている

1. 課題に本来的に備わっているフィードバックの価値
2. 学習者の技能レベル (フィードバックを使うための必要性と能力)
3. 手掛かりの冗長と個人の情報処理能力

基本的な知覚-運動技能におけるフィードバックの重要性は、正常な外受容器のフィードバックがゆがめられたり、あるいは遅らされたりすることにより知ることができる。Stratton (1896 1897) は網膜像を逆転させるレンズ付きの眼鏡を使用した。フィードバック変換規則のこの簡単な変化が、動きまわるといふ日常的な動作を著しく妨げる。またLee (1951) は、正常な聴覚フィードバックに遅れを挿入することにより、十分練習を積んだ会話行動においてさえ、妨げられるということを示した。Smith(1962)とSmith &Smith (1962) はフィードバックの種々の変換とそれが運動課題に及ぼす影響とを詳細にわたって研究している。視野がずれることは、随意運動を妨げるか否かの境目である。被験者たちはすぐに適応するが、上下の逆転や、左右反転は、より大きな感覚の混乱を招き、適応により多くの時間がかかる。さらに聴覚もしくは視覚フィードバックのいずれかに遅れを挿入することは、長期間練習を積んでもほんの少ししか適応を示さない。このことは身体に備わっている本来的なサーボ機構が、フィードバックに依存していて、我々が自分の行った結果とは無関係に運動出力を生じているのではないことを示している。

#### (4) バイオフィードバック

バイオフィードバック (Biofeedback, BF) についてMiller(1969) は次の様に定義している。「生体内の情報を適正に感知し、フィードバック可能な装置を作り、生体に感知しやすいように処理すること」としている。またShwartz(1975) は「補助装置によって心身の活動を制御すること」と定義している。これらの定義のようにバイオフィードバックは生体が、感知しがたい情報を器具や装置により認知可能な情報に変換し、外的なフィードバックループを作成することである。バイオフィードバックはcovert (遮蔽) された生体情報をovert (明らか) な情報に変換し、セルフ・コントロール可能な装置を作ることが強調されてきた。従来、バイオフィードバックは行動医学やストレス解消のために利用され、臨床医学 (心療内科) 中心に開発されてきた。バイオフィードバックで扱われる生体情報は、血圧、心拍数、脳波、皮膚電気抵抗、筋電図、微小振動、筋張力信号など様々なものが用いられている。(図1)

バイオフィードバックは、自律神経系に支配されている指標を取り扱った研究、脳波に関する研究、骨格筋系を用いた研究、その他の信号を用いた研究に分けられる。自律神経系に支配されている指標とは心拍数、血圧、皮膚温度、皮膚電気抵抗、唾液などであり、脳波に関する研究ではアルファ波及びシータ波などを指標とする研究である。また骨格筋系を用いた研究は筋電図 (electromyography : EMG) 活動を指標とした研究である。また生体信号とは異なるが、発揮された筋力や、テニスのラケットのスイング速度、重心移動などの運動動作に伴う信号もバイオフィードバックで扱われている。

従来のバイオフィードバックは、ストレス解消や、不随意的反応に関

するものが多い。しかし近年、随意運動の学習のため、EMGバイオフィードバックを用い、その有効性が示されている。荒木・佐久間（1982）は、肘関節角度 $90^{\circ}$ での等尺性筋収縮を用い、力量発揮に伴う筋放電をフィードバックすることにより、パフォーマンスが改善したと報告している。また竹中（1986）は、肘関節角度 $90^{\circ}$ で、主動筋の緊張と拮抗筋の弛緩という運動課題を用い、EMGバイオフィードバックが筋感覚の知覚の向上に有効であるとしている。また永田・高橋（1986）は床反力波のバイオフィードバックを用いスキーリズム動作の改善の可能性を示唆している。しかしこれらの研究は基礎的な研究が多く、実際の運動場面に応用したものは少ない。そこで本研究ではフィードバック情報を与えるための運動として、その運動形態が比較的静的で、かつ実践に即した弓射動作を取り上げた。運動学習の効率化という点からも弓射動作のバイオフィードバックトレーニングの有効性を検討することは、意義あることと考えられる。そこで次の弓射動作について簡単に説明しておく。

## 第二節 弓道における射術

弓射の技は、その性質上、自己の発した矢がいかに正確に狙ったものに中るか、という事が最大の目的であったと考えられる。しかし、正確な中を得た後に求められるのは、その効果である。中った矢が冑も抜けず、獲物も倒せないようであるならば、矢の発した意味はない。そこで発した矢には貫通力がなければならないということになる。

日置流では「中・貫・久」の三つを至上の理想として世々代々言い伝えられてきている。「中」とは、良い的中をいい、「貫」は射る矢に貫徹力があることをいい「久」とは、「中」と「貫」の両方を長期間持ち



続けることを言ったものである。これらの目標を達成する為に、もっとも効果的かつ合理的な「射術」というものが出来上がってきた。

いかなるスポーツにおいても、その目標を達成するために必要な、理想のフォームが存在する。理想のフォームとは、最高のパフォーマンスを発揮するのにもっとも効率のよいフォームと考えることができる。日置流印西派における射術について簡単に説明しておく。

日置流印西派では、一本の矢を射る過程を「足踏<sup>あしふみ</sup>」、「胴造<sup>どうづくり</sup>」、「弓構<sup>ゆがまえ</sup>」、「打起<sup>うちおこし</sup>」、「三分の二<sup>つめのあい</sup>」、「詰合<sup>つめあい</sup>」、「伸合<sup>のびあい</sup>」、「やごろ」、「離<sup>はなれ</sup>」、「残身(心)<sup>ざんしん</sup>」の10の部分に分けている。

#### (1) 足踏<sup>あしふみ</sup>

的の中心から視線を移動し架空の直線を引く。そして、その直線上に左爪先を置き、自分の身長<sup>身長</sup>の1/2の長さの巾で右爪先を直線の延長線上に置く。左右の足でできる角度は60°～90°の間で、上体を直立させたときに、もっとも安定が得られる角度がよいとされている。

#### (2) 胴造<sup>どうづくり</sup>

足踏のあと、腰をしっかりとすえて上体を正すこと。

#### (3) 弓構<sup>ゆがまえ</sup>

弓構とは、矢をつがえた弦に右手をかけて、弦と矢を保持し、次に弓をしっかりと握り、これから射ようとするもの(的)を見定めること。

#### (4) 打起<sup>うちおこし</sup>

肩があがらない範囲で、なるべく腕を上げたところへ弓を持って行くことと、この位置に弓のある状態を合わせて「打起」という。

#### (5) 三分の二

打ち起こした弓を左右均等に引き分け、矢が肩の高さくらいに降りて、右手はわずか耳を越すあたりで止め、左手は矢先がわずか低いくらいの

ところでとめる。

(6) 詰合<sup>つめあひ</sup>

次の4つの条件が整ったときを「詰合」という

1. 身長の中の半分の長さの矢尺を引く
2. 矢が頬に付く (頬付<sup>ほおづけ</sup>)
3. 矢の下方で弦が胸に付く (胸弦<sup>むなづな</sup>)
4. ねらいが的に着く

(7) 伸合<sup>のびあひ</sup>

「詰合」から力を尽くして、押し引きし、臍下丹田に氣力を充実させ「やごころ」に達する過程を「伸合」という。

(8) やごころ

「詰合」から「伸合」に移り、満身の努力と心気を込めて押し引きを続け、全身緊張の極みに達する。この状態が「やごころ」であり、「離」の時期である。

(9) 離

物理的には、弦がゆがけ<sup>註1)</sup>の弦枕<sup>註2)</sup>を離れる瞬間をいう言葉である。弓の上手、下手はこの「離」によって90%決まるといわれる。

(10) 残身 (心)

離れた後の姿を形の上から「残身」といい、「残身」にともなう心の動きを言うときには「残心」を用いる。

以上一本の矢を射る全過程を、簡単に述べたが、射術において、的中を左右するのは「角見の働き」と「伸合」である。

「角見の働き」は矢を直つすぐ的に向かわせるために必要な弓射技術である。稲垣 (1973) は「角見の働き」の必要な理由を次のように述べている。「図2においてC1は弓の断面B1は矢が弦から離るときの弦の位

置、A1は一杯に矢を引いて、狙いを定めたときの弦の位置である。矢が発射されると弦は元の位置に帰り、矢は弓にせかれてD'の方向に向かう。このため弓を時計の針と逆方向にねじらずにそのまま放すと、矢は的の右方向にはずれる。しかし、弓を時計の針と逆方向にねじると、弓は、図3のC2のようにねじられているので、矢は弦とB2のところではずれ、そのまま的の方向に飛行する。」

このような理由から、発射の瞬間には、全力をこめて左手の親指のつけ根で弓の右角を的の方向におしねじることが必要になり、これを「角見の働き」という

「伸合」は、前述のように、「離」に至るまでの左右の力を増していくことであり、浦上（1967）は、著書「手の内・離、弓具の見方と扱い方」の「離の時期」の節で、「詰合～伸合～離」を以下のように説明している。

「例えば、コップに水を入れ机の上に置き、その水があふれる時を離の時期とする。この水に滴壘で一滴、二滴、三滴と水を加えていき、調度満杯になったときが詰合の時期である。ここで何時まで待っても水は溢れない。水の溢れないコップは、何時まで置いても気が熟さない。それを意識して故意にあふれさせようとすることは不自然であり、この時期に放した矢はたとえ的中したからと言っても決してよい射とはいえないのである。コップに満杯となったところへ、さらに水を加えていくような射の動作。それを我々は伸合という。かくして伸合の極点に達すれば、矢は自然に離ていくものである。コップの水も自然に溢れ出るのである。」

つまり、コップにいれられた水の表面張力の限界に達するまでの作用が「伸合」なのであり水があふれる瞬間が「離」である。射術の修養は、突き詰めれば、「角見」と「伸合」の修養とさえいえ、全ての弓道人が

稽古に励むのは、この技術の修得を目指しているからなのである。

### 第三節 射癖

弓道を修行するうえで、もっとも警戒しなければならないことは、心身に現われる射癖である。射癖というのは継続して習性となった射術上の欠陥を言う。初心者はなにも考えずにただ教えられる通りに練習していればよいが、技が少し分かってくると、自己流がでてくるものである。癖はこのような時期に現われやすい。

射癖には、足の開き具合が広い、狭いや打ち起こしたとき左手が右手より高いといったすぐにその場で直してしまえるようなものから離れる瞬間に角見の効かす方向が変わったり、右手の力が弱まるといった本人が努力しても容易には直らない癖まで様々なものがある(表1)。そのなかで「ゆるみ」、「早気<sup>註3)</sup>」、「不数寄<sup>註4)</sup>」の三つの射癖は、弓道における三大射癖と言われ、矯正が困難なものとされている。

本研究ではこの三大射癖のうち、伸合を妨げる要因の一つである「ゆるみ」に着目している。「ゆるみ」とは、詰合後、離に至るまでに矢尺(引いてきた矢の長さ)が短くなることをさしている。

「ゆるみ」の中にも様々な現象があり、村尾(1929)や「尾州竹林派弓術書」、「弓道講座」では本多利実が指摘した「五緩」を用い、5つの「ゆるみ」を説明している。即ち弓手の肘で緩むものを「剛のゆるみ」、会<sup>註5)</sup>の右肘で緩むものを「会のゆるみ」、弓手の肩で緩むものを「左肩のゆるみ」、会の右肩で緩むものを「右肩のゆるみ」、胸で緩むものを「胸のゆるみ」と分類している、また村河(1932)も「ゆるみ」を懸口で緩むもの、前腕で緩むもの、等分類している。その詳細は表2に示

してある。

「ゆるみ」は初心者よりもある程度経験を積んだものに多く見られる傾向がある。つまり初期のうちは無我夢中で伸び合う練習をし、「ゆるみ」があったとしても、それは一時的なものであり、パターン化されたものではなく、一本一本の引き方が安定していないからでてくる「ゆるみ」である。これに対して、少しずつ中たりが出始めるようになって、射も安定してくると無我夢中で努力していた伸合の中に、様子を探る気配が見えてきたり、伸合を躊躇したり、自己流が強く出てきたりすることにより、徐々に伸合が行なわれなくなり、ひいては「ゆるみ」を生じる傾向になってくる。それが一定期間続くと「ゆるみ」がパターン化されていくのである。

#### 第四節 ゆるみの矯正

射癖、特に「ゆるみ」は昨日今日癖が出てきたというものではなく、知らず無意識のうちに習性化してしまったものと考えられ、矯正には、よほどの努力が必要と考えられる。また矯正のための練習は、今日までの自分のイメージ・感覚というものを打ち壊して新しい感覚を得るようにすることが大切である。

「ゆるみ」の矯正について稲垣（1973）は「直す期間中は弱めの弓を引き、気を引き立てて、気合いを込めて会を充実させ、いつまでも放さない覚悟で引く」と述べ、気持ちの持ち方の重要性を強調している。また「尾州竹林派弓術書」では「五部の詰」と称して、左手、右手、左右の肩、胸を張り詰めてたえることが書かれている。さらに、大平ら（1944）は、「手先に力のある人ならば、力を入れず、力入れずしてもゆるまる

人なら力を加えるがよい」と述べている。しかし、これらの矯正法の記述は、あまり具体的でなく、実際に弓をもって矯正しようとする際には、その方法が把握しにくい。具体的な矯正方法を述べた例として、浦上（1928）は、「緩む離は、矢束を引き過ぎることから起こるのであり、手首で引き、放そうとするときにゆるむのである、これは弱い弓で治さなければならない。」とし、また村河（1932）は、細かく分類した「ゆるみ」の各々について、その現象と矯正方法を記述している。例えば、

「手首でゆるむもの」ではその現象として二通りあり、一つは手首の力が抜けるもの、もう一つは引き納めて後、手首をねじるためにゆるむものである。矯正方法としては前者には手首を手繰らないよう肘に力で引きとる事を示し、後者には、引き取りの顔を過ぎるあたりから徐々にねじりをかけ、引き納めてからはねじりをかけぬようにする、としている。

また「ゆるみ」の主要な要因として、稲垣（1973）は「角見の働き」が弱いことを挙げている。「ゆるみ」の矯正には馬手<sup>註6)</sup>の方に注意を向けるだけでなく弓手<sup>註7)</sup>の「角見の働き」を強化することも大切なことである、と述べている。

しかしどんなに具体的な矯正方法が示されても、本人が「ゆるみ」を自覚できないかぎりでは何の効果もない。「ゆるみ」には、自覚できるものと自覚できないものがある。自覚できる「ゆるみ」に関しては、適切な矯正方法を与えることが可能であるが、自覚できない「ゆるみ」は、まず本人が自覚できるように導かなければならない。

また、「ゆるみ」は本人の力量以上の強い弓を用いることによって起こることもあるが、それ以上に本人の心（気持ち）の問題が多分にあると思われる。伸合中に的・弓手その他周囲のことに気が奪われたり、気分や息の張りが弱まって、その結果「ゆるみ」が生じるという事は多々

あることである。

弓道は、いかにして常に力の最高のところで、左右のバランス良く放すことができるかで射の良否が決まるものである。そのために限界まで伸合、心気・力の最高点である「やごろ」を修得するのである。「ゆるみ」は、この伸合修得にとって最大の障害となり、必ず治さなければならぬ射癖である。

### 第五節 研究目的

フィードバックは自己受容器で、常に行なわれており、この本来の働きによって、運動の自動制御は行われている。しかし、複雑な運動学習においては、自己受容器からのフィードバックだけでは不十分である。それは本人が「行なっているつもり」の運動と「実際に行なっている」運動には必ず違いがある為である。パフォーマンスを向上させるためには、実際に行なっている運動と、目標となる運動の「差」を小さくすることが必要である。そのためにこの自覚できない「差」を自覚できる信号に変換し、フィードバックすることが有効であると思われる。そこで本研究は、フィードバック情報を与えるための運動として、その運動形態が比較的静的で、かつ実践に即した弓射動作を取り上げた。

1. 弓射動作における悪癖と言われる「ゆるみ」を検出し、聴覚フィードバックを行なう装置を開発すること
2. 単なる練習では修正不可能な癖の矯正による競技力向上の可能性を検討し、ひいてはフィードバック法による運動学習の効率化の可能性を検討する。

ことを目的とする。運動学習の効率化という点からも弓射動作のバイ

オフロードバックトレーニングの有効性を検討することは、意義あることと考えられる。



## 第二章 研究方法

本研究ではまず実験1-1として、試作した測定装置によるゆるみの検出及び、測定装置の直線性を確かめるための測定を行なった。そして、実験1-2として、フィードバックを与えることによってゆるみを矯正する事ができるかどうかを検討し、実験2として、フィードバックによるトレーニング効果を確かめる実験を行なった。

### 第一節 実験1-1 ゆるみの検出について

#### (1) 被験者

被験者は筑波大学弓道部員7名（男子3名、女子4名）図書館情報大学弓道部員2名（男子1名、女子1名）社会人1名（男性）の計10名である。被験者の身体特性、経験年数、段位およびそれぞれの平均値は、表3に示したとおりである。

#### (2) 実験装置

##### a. ストレインゲージ式歪み測定装置

歪みによる弓の曲げ力を検出するために、脱着可能な弓のストレインゲージ式歪み測定装置を自作した。歪み測定装置は、巾30mm、長さ200mm、厚さ1mmのアルミ板を加工し、表面にストレインゲージ（共和電業株式会社製、KFC-5-C1-23）を貼付した。ブリッジ回路は、4ゲージのWheat stone's bridgeを組んだ。歪み測定装置の概略を、図4に示した。装着位置は、弓の曲がり最も大きい握り皮の下方15cmとした。

### b. キャリブレーション装置

専用のキャリブレーション装置を力量計（共和電業株式会社製、LU50-KE）に長さを変更可能なアームを取付けることにより自作した。そして、引き分け100cm、95cm、90cm、80cmでの歪み測定装置からの出力電圧と、弓の発生している張力を測定した。また、歪み測定装置の出力は、100cm引き分け時で7vとした。

### c. 同期信号

離の時期を同定するためにゆがけに電極を取付け、弦に導通テープを張ることにより、弦枕に弦がかかっている間は、電流が流れるようにし、離れた瞬間にスイッチが切れるようにした。そして、それぞれの射のどの状態にあるかを、スイッチをもちい、検者が信号を入力した。また詰合にはいった時期は、矢が頬についた時期とした。これらの同期信号は、歪み波形と同期させ、記録した。

## (3) データの収集方法と分析方法

データは全てデータレコーダ（共和電業株式会社製、RTP600A）に記録し、12bit AD変換ボード（MacADIOS 11 GW Instrument, Inc製）でサンプリングタイム0.5msecでAD変換後、パーソナルコンピューター Macintosh 11ci（Apple Computer社製）で解析した。

解析方法は図6に示すとおりであった。歪み波形の中で、同期信号によって同定した「詰合」に入ってから値から伸合中から「離れ」までの差分を積分し、それまでにかかった時間（会にかかった時間）で除したものを「歪み率」とした。この歪み率はゆるむとマイナスに、ゆるま

なければプラスになる値である。(図6ではプラスの値になっている。)  
評価は、この引き分け率で評価を行なった。測定システムの概略を図7  
に示す。

#### (4) 手続き

被験者は、歪み測定装置を各人の弓に装着後、的に向かって4射引いた。

### 第二節 実験1-2 フィードバックによる「ゆるみ」の矯正

#### (1) 被験者

実験1-1と同じ10名である。この10名の内5名は実験1-1の結果より、明らかに「ゆるみ」の現象が認められるもの、ゆるむ群とし、残りの5名は認められないもの、ゆるまない群とした。群分け及び各群の身体特性、経験年数、段位およびそれぞれの平均値を表4に示した。

#### (2) 実験装置

##### a. ストレインゲージ式歪み測定装置

実験1-1と同様のものを用いた

##### b. 同期信号

実験1-1と同様のものを用いた

##### c. フィードバック装置

ストレインゲージ式歪み測定装置から出力された電気信号(歪み量)

は増幅器（日本電気三栄社製、6M72）で増幅し、VCF（Voltage Controlled Frequency）機能のついたFunction Generator（エヌエフ回路設計ブロック社製 MODEL FG-163）のVCF入力とした。VCF機能は、詰合～伸合の微小な変化を増幅するために指数を用い、VCF入力電圧の指数に比例した出力周波数が得られるものとした。出力周波数は、

$$\text{出力周波数} = 1000 \times 0.0796 \times 10^{(3/10 \times \text{入力電圧})}$$

の式で求られ、入力電圧 5 v で、約 2500 Hz であり（図 8）、5 v 付近での変化量は入力 0.1 V の変化に対して、約 175 Hz の変化であった。（図 9）本実験ではフィードバック刺激として、音によるフィードバックを与えた。人が聞くことができる音の振動数の範囲は、16～20,000 Hz といわれている。また人の耳は 1,000 Hz～3,000 Hz の音に対して最も感度が高い。（図 10）本実験の音刺激は、ほぼ上述の 1,000 Hz～3,000 Hz の間の変化である。

### （3）データの収集方法と分析方法

実験 1-1 と同様のものを用いた

### （4）手続き

被験者は、それぞれ歪み測定装置を各人の弓に装着後、的に向かい、

1. NFB条件（Non Feed Back）
2. FB条件（Feed Back）
3. FF条件（Feed Forward）

の三条件で、的に前で 4 射ずつ引いた。NFB条件は、フィードバックを与えない状態、FB条件は音によるフィードバックを与える条件、FF条件は、コンピューターによるシミュレーション刺激を 5 回聞いた後での音によ

るフィードバックを与える条件である。シミュレーション刺激は、VCF入力電圧で、3Vから6Vまで、2.5 msecで0.5 mVずつ15秒かけて変化するものである。周波数としては、約1000 Hzから約8000 Hzまで、変化するものである。

この三条件は、それぞれ、なにも指導が与えられない状態（NFB条件）、引き分け中に「もっと頑張る」などの指導が与えられた状態（FB条件）、弓を引く前に、「なにも考えずにただ思いきり引き分けなさい」等の指示があった場合を想定している。それぞれの条件での歪み波形、的中率を記録し、内省報告も記録した。質問用紙は、図11に示した。

### 第三節 実験2 フィードバックトレーニング

#### (1) 被験者

実験1のFB条件で、ゆるみ群、ゆるまない群それぞれ1名ずつ、計2名であった。

#### (2) 実験装置

##### a. ストレインゲージ式歪み測定装置

実験1-1と同様のものを用いた

## b. 同期信号

実験1-1と同じである。

## (3) データの収集方法と分析方法

実験1-1と同様のものを用いた

## (4) 手続き

6日間、毎日8射トレーニング実験を行なった。7日目にNFB条件でトレーニング効果の有無を調べるために歪み波形、的中率を記録し、内省報告も記録した。また一本一本の自己評価を5点満点で何点であったかを報告させ、記録した。

### 第三章 結果

#### 第一節 実験1-1の結果

##### (1) 歪み測定装置と弓の張力の関係について

測定した弓のそれぞれの引き分け量（85 cm、90 cm、95 cm、100 cm）別の出力電圧と弓の張力のデータ及び平均値と標準偏差を表5に示した。図12は、歪み測定装置の出力電圧と弓の張力の関係を示した。出力電圧と弓の張力の相関係数は、0.99～1の範囲であった。

ひずみ測定装置からの出力波形のうち、「ゆるみ」の見られるものを図13、「ゆるみ」の見られないものを図14に示した。被験者10名のうち5名のひずみ率がそれぞれ-0.078 (Sub.1)、-0.256 (Sub.2)、-0.294 (Sub.4)、-0.032 (Sub.5)、-0.199 (Sub.9)であり、マイナスの値を示した。この5名のひずみ率の平均値は $-0.17 \pm 0.113$ であった。ひずみ率がプラスになった5名のひずみ率の値はそれぞれ、0.019 (Sub.3)、0.195 (Sub.6)、0.415 (Sub.7)、0.096 (Sub.8)、0.139 (Sub.10)であった。平均値は $0.17 \pm 0.150$ であった。

##### (2) 実験1-2の結果

実験1-1の結果より、被験者を「ゆるむ群」と「ゆるまない群」にわけた。群別のひずみ率の三条件（NFB条件、FB条件、FF条件）でのそれぞれの平均と標準偏差及びt検定の結果を表6～表8に示した。ひずみ

率に対応のないt検定を行なったところNFB条件で「ゆるむ群」 $-0.17 \pm 0.113$ と「ゆるまない群」 $0.17 \pm 0.150$ に、1%水準で統計的に有意な差が認められた。FB条件では「ゆるむ群」平均 $0.102 \pm 0.294$ 、「ゆるまない群」平均 $0.248 \pm 0.237$ であり、FF条件では「ゆるむ群」平均 $0.055 \pm 0.265$ 、「ゆるまない群」平均 $0.276 \pm 0.391$ であり、FB条件、FF条件ともに「ゆるむ群」と「ゆるまない群」に有意な差は見られなかった。

「ゆるむ群」と「ゆるまない群」別に各条件の効果を調べるために対応のあるt検定を行った(表9-1~表9-3)。「ゆるむ群」と「ゆるまない群」にわけた場合、ゆるむ群において、NFB条件 $-0.17 \pm 0.113$ と、FB条件 $0.17 \pm 0.21$ の間に5%水準で歪み率に有意な差が認められた。

(図15) NFB条件 $-0.17 \pm 0.113$ とFF条件 $0.05 \pm 0.26$ の間には有意な差は見られなかった。

また、ゆるまない群において、NFB条件 $0.17 \pm 0.15$ と、FB条件 $0.25 \pm 0.24$ の間に有意な差は認められなかった。NFB条件 $0.17 \pm 0.15$ とFF条件 $0.28 \pm 0.39$ の間には有意な差は見られなかった。(図16)

各群、条件での的中率と引き分け率の相関は見られなかった。(表10-1~表10-3))

### (3) 実験2の結果

ゆるみの現象の見られるSub.1と、ゆるみの現象が見られないSub.3に6日間のトレーニング実験を行った。6日間の歪み率を表11及び図17に示した。また、6日間の的中率の変化を図18に示した。7日目に行なったNFB条件での引き分け率は両被験者ともトレーニング前のNFB条件の引き分け率 $-0.078$ (Sub.1)、 $0.019$ (Sub.3)より増加の傾向を示し、フィードバックによる学習効果を示している。しかし、的中率と歪



み率に有為な相関は見られなかった。(表12)

また、内省報告によると、フィードバック法の有効性を認めたものが、60%みられた。また、音の変化によるパフォーマンスを変化させようとしているものはゆるみ群では全員、ゆるまない群でも3人が変化を自覚していた。

## 第四章 考察

## 第一節 実験1-1の考察

歪み率を記録した結果、「詰合」～「伸合」～「離」の波形は、2つのパターンに分類された。

パターン1；詰合後徐々に伸び合っているパターン (Fig. 21)

パターン2；詰合後「ゆるみ」の現象が見られるパターン (Fig. 22)

パターン1は、弓の歪みが詰合後離まで徐々に増加していき、離れるパターンであり、これは伸合がある程度習得されていると思われるものである。

パターン2はいわゆる「ゆるみ」を持っている人のパターンであり、歪み波形は、一度増加して詰合に至った後、離れに至るまでに徐々に減少するものである。

稲垣 (1968) は、伸び合いでの力の使い方を、図19のように示した。縦軸に力、横軸に矢尺を表すと、A点が詰め合いとすれば、ABは伸び合いのために引いた矢尺で、CDはそのために使われた力であり、ABCDの4点で囲まれる面積は費やされたエネルギーである。ABが大きくなるほど、BDが大きくなるほどABCDの面積がより大きくなり、矢は早く強く飛ぶ。このAB、BDをより大きくすることが伸合である、としている。

このABCDと同義のものとして、歪み率を計算した。また、この歪み率を用いて、「ゆるむ群」5名、「ゆるまない群」5名にグループ分けをおこなった。この5名の内4名は、監督・コーチの主観的判断において

も「ゆるんでいる」と見なされており、今回の実験結果とほぼ一致している。歪み測定装置は、「ゆるみ」という現象をとらえ、歪み率によって、「ゆるみ」を表しているかと推察される。これらのことから、パターン1は徐々に歪み量が増えている、即ち、矢尺が増えており、伸合をほぼ習得している者である、といえる。これに対してパターン2は、「ゆるみ」の現象が見られるものである。弓の歪みに関して、淵本(1991)はアーチェリーをバイオメカニクス的に分析し、リリース時のアーチェリーの張力変化が、熟練者は一定になるとしている。本研究の和弓の張力と直接比較することは出来ないが、アーチェリーのリリース時の張力および弓の離れにおける張力が、減少することは弓、アーチェリーどちらにとっても、パフォーマンスの向上にとって、改善すべき点である。

## 第二節 実験1-2の考察

実験1の結果から、被験者を「ゆるむ群」5名、「ゆるまない群」5名に分けた。ゆるむ群において、NFB条件 $-0.17 \pm 0.113$ と、FB条件 $0.17 \pm 0.21$ の間に5%水準で歪み率に有意な差が認められた。この歪み率の変化は、「ゆるみ」の改善の結果であると推察される。バイオフィードバック法の有効性について、竹中(1984)は、EMGバイオフィードバックを取り上げ、特定の筋群に対してのEMGバイオフィードバックの有効性を示している。しかし、EMGバイオフィードバックトレーニングは、あくまで特定筋のEMG活動をフィードバックするものであり、その筋活動の結果生じる動作にまで及ぶ訓練ではない、としその他の情報(筋の張力、関節角度等)との併用を勧めている。本研究に用いた、歪み検出装置は、「ゆるみ」という現象をとらえ、改善することが可能であると推察される。しかし、的中率と、歪み率に有意な相関は認められなかった。

今回用いた歪み測定装置は、微小な「ゆるみ」を検出するために、弓の中で最もよく変形する、握り皮の下方15cmに取付けた。また装置の長さも220mm、重さは約55gであり、歪み測定装置が弓の復元に対して、影響を与えたためではないかと推察される。

本実験ではフィードバック刺激として、音によるフィードバックを与えた。Robb(1966)は、運動学習において、視覚による同時的フィードバックが最も有効であるとしている。しかし、単純な実験の運動課題の学習と違い、実際の運動において、視覚によるフィードバックは、運動の障害となることが多い。本実験の弓射動作などの視覚が重要な要因を占めている運動は、聴覚によるフィードバックが有効であると思われる。

内省報告によると、音の変化について、分かったと答えているものが100%であり、フィードバック情報としては有効であった、と推察される。またフィードバック法を有効性であると認めたものが、60%みられた。また、音の変化によるパフォーマンスを変化させようとしているものはゆるみ群では全員、ゆるまない群でも60%が変化を自覚していた。今後は装置の改良による小型軽量化、データを取るための有線による煩わしさの解消、さらに引いたときの感覚の違いを少なくすることにより、さらに実践場面への応用の可能なシステムにする必要があるだろう。

### 第三節 実験2の考察

実験2は事例的研究であり、この実験の結果をそのまま一般化することは出来ない。しかし、この6日間のトレーニングで、運動学習のためのフィードバックの効果は、歪み率の増加という点において、有効であ

ったと思われる。しかし、この増加が、本当にトレーニング効果であるかどうかは、さらに長期的なトレーニング実験を行う必要があるだろう

## 第五章 まとめ

運動学習におけるフィードバックの重要性は、過去の様々な研究において指摘されている。本研究はフィードバック情報を与えるための運動としては、その運動形態が比較的静的で、かつ実践に即した弓射動作を用いた。そして、弓射動作のうち、パフォーマンスに影響を与える「伸合」の妨げとなっている「ゆるみ」に着目し、聴覚フィードバック法が「ゆるみ」を矯正し、パフォーマンスの向上に効果があるかどうかを検討し、(1) 弓射動作における悪癖と言われる「ゆるみ」を検出し、聴覚フィードバックを行なう装置を開発すること(2) 単なる練習では修正不可能な癖の矯正による競技力向上の可能性を検討し、ひいてはフィードバック法による運動学習の効率化の可能性を検討する、ことを目的として研究を行った。結果は以下の通りである。

(1) 本研究で試作した、歪み測定装置は、歪み率を用いることによって、「伸び合い」のパターンは次の2つに分類された。

「詰合」から「離」までの間に、徐々に伸び合って、歪み率が増加するパターン

「詰合」から「離」までの間に、「ゆるみ」が見られ、歪み率が減少するパターン

(2) 上述のパターンで「ゆるむ群」5名、「ゆるまない群」5名に分けたところ、ゆるむ群において、歪み率はNFB条件 $-0.17 \pm 0.113$ と、FB条件 $0.17 \pm 0.21$ の間に5%水準で歪み率に有意な差が認められ、聴覚フィードバックが「ゆるみ」の改善に有効であることが示唆された。

(3) 6日間のトレーニング実験で、聴覚フィードバック法が、NFB条件の歪み率の増加に影響があることが示唆された。

(4) 聴覚フィードバック法は、内省報告によると、有効であると認めたものが、全体の80%であった。

## 第六章 研究の限界及び今後の課題

### 研究の限界

(1) 本研究の限界は、歪み測定装置による、弓の復元過程への影響が無視できないところである。このことは、フィードバックによって運動が変化しても、その変化が、直接パフォーマンスの向上として、即ち的中率の向上としてあらわれないことである。この影響を取り除く方法を考案すれば、さらに実践場面に応用できるシステムになるだろう。

### (2)

トレーニング実験が事例的なものになり、また、トレーニング期間が短かったことである。「ゆるみ」の根本的な矯正という点から考えると、もっと長期間のトレーニングが必要であろう。

### 今後の課題

1. 歪み測定装置によって、「ゆるみ」の現象をとらえることは可能であった。今後は、さらに小型軽量化を図り、取り扱いの容易なように、歪み測定装置を改良する必要がある。
2. 「ゆるみ」の矯正に有効であることが示されたが、さらに運動学習の効率化、セルフ・コントロールにおけるフィードバックの有効性に対して、言及するためのパラメーターの設定が必要であろう。



## 註

- 1) 弓を引くとき、右手親指が、弦の圧力で痛まないように保護するための、皮革製の用具
- 2) 「ゆがけ」における、親指のうち側で、弦がひっかかる部分
- 3) 矢を引いてきて、納まさないうちに離してしまう射癖。伸合を妨げる要因の一つ
- 4) 弓道にたいして嫌気がさしてくること
- 5) 「詰合」から「離」まで
- 6) 弦に掛けるほうの手（右手）
- 7) 弓を持つほうの手（左手）

## 謝辞

本研究を終えるにあたり、適切かつ多大な御指導を賜った筑波大学体育科学系 浅見高明教授に深く感謝の意を表します。

また、多大の協力を賜った、筑波大学体育科学系 森俊男講師ならびに、実験に協力していただいた筑波大学弓道部の皆様に深く感謝いたします。

さらに、多大の協力をいただいた、木塚朝博氏、窪田邦彦君、平井仁君及び浅見研究室の皆様、被験者の皆様に深く感謝します。

## 引用文献

- 1) Annett, J.: フィードバックと人間行動, 増山英太郎・市村操一共訳, 岩崎学術出版社:15-17:1974.
- 2) 荒木雅信・佐久間春夫: 運動学習におけるEMGバイオフィードバック技法の適用に関する実験的研究, 体育学研究, 27-3:207-225:1982.
- 3) 淵本隆文・柿本博司・辻幸治・金子公宥: アーチェリーのバイオメカニクス的研究: 特にエイミングの調整について, 大阪体育大学紀要, 22:121-129:1991.
- 4) 稲垣源四郎: 弓道入門, 東京書店:1973.
- 5) 稲垣源四郎: 日置流射法, 現代弓道講座 2巻, 雄山閣出版:77-137:1968.
- 6) Lee, B. S.: Artificial scutter, F. speech. hear. Dis., vol. 16:53-55:1951.
- 7) Maxwell, J. C.: Proc. Roy. Soc. (London), 16:270-283:1868.
- 8) Miller, N. E.: Learning of visceral and glandular response, Science, 163:434-445:1969.

- 9) 村河清:射法指南書原理及矯癖編,内外出版:1932.
- 10) 村尾圭介:日本体育業書 第4編 弓道,日黒書店:1929.
- 11) 永田晃:バイオフィードバック・トレーニングによるスキー・リズム動作の変容,J.J.Sports Sci.,5-6:389-393:1986.
- 12) 大平義治・三橋直長・大木賢二:弓道百話,春潮社:1944.
- 13) Pierce, J.R.:サイバネティックスへの認識,鎮目恭夫訳,白揚社:1963.
- 14) Robb, M.:Feedback, Quest, 6:36-42:1966.
- 15) Schwartz, G. E.:バイオフィードバック(上),平井久・渡辺尊巳編訳,誠信書房:1975.
- 16) Singer, R. N.:Motor learning and human performance, New York:1975.
- 17) Smith, K. U.:Smith, W. M.:Perception and motion, An analysis of Space-structured behavior, Sanders, Philadelphia:1962.

- 18) Smith, K. U.: Delayed sensory feedback and behavior, Saunders, Philadelphia: 1962.
- 19) Stratton, G. M.: Some preliminary experiments in vision without inversion of the retinal image, Psychol. Rev., vol. 3: 611-617: 1986.
- 20) Stratton, G. M.: Vision without inversion of the retinal image, Psychol. Rev., vol. 4: 341-360 and 463-481: 1987.
- 21) 鈴木泰三・田崎京三・山本敏行: 大学課程の生理学, 南江堂: 1976.
- 22) 竹中晃二: EMGバイオフィードバック法による筋制御に関する研究—拮抗筋を用いた筋感覚の向上について—, 体育学研究, 29-2: 89-97: 1984.
- 23) 竹中晃二: EMGフィードバック法による筋制御に関する研究—非フィードバック筋活動に注目して—, 体育学研究, 31-2: 133-142: 1986.
- 24) 浦上栄: 手の内(紅葉重ね)、離れ弓具の見方と扱い方, 浦上同門会: 1967.
- 25) 浦上栄, 竹内尉: 弓道, 健文社: 1928.
- 26) Wiener, N.: Cybernetics, Cambridge, Mass, M. I. T. Press: 1961.

表1 射撃一覧表

[稲垣(1973)による]

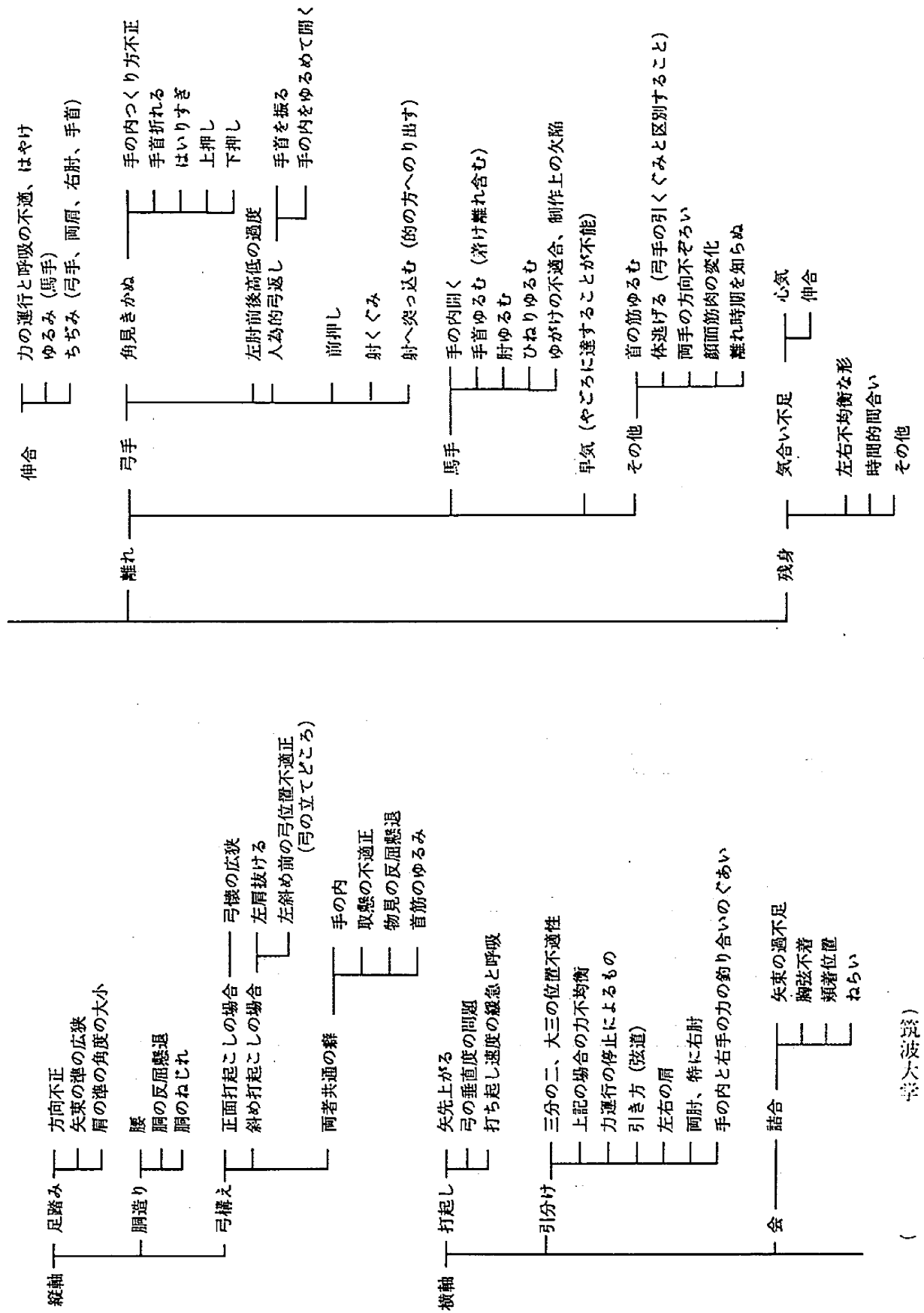


表2 [ゆるみ] の分類 [村河 (1932) による]

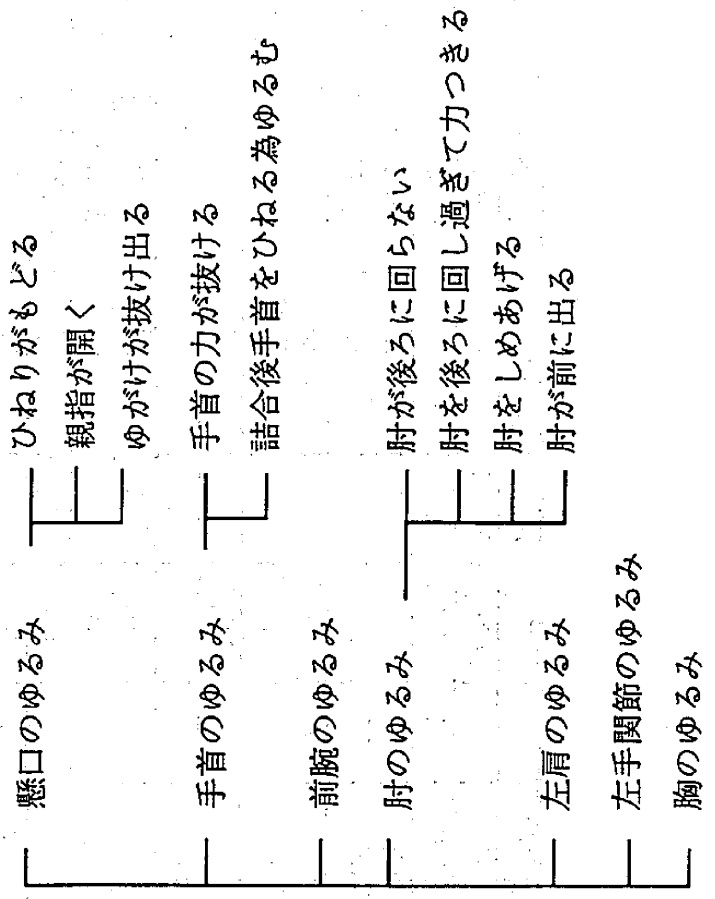


表3 被検者の身体特性及び、経験年数

被検者	性別	年齢	段	弓歴	身長	体重
Sub.1	F	19歳	2段	4.7年	156.0cm	49.0kg
Sub.2	M	20歳	2段	1.7年	173.0cm	53.0kg
Sub.3	F	20歳	3段	3.9年	158.0cm	55.0kg
Sub.4	F	21歳	4段	5.8年	162.0cm	49.0kg
Sub.5	F	20歳	3段	4.8年	160.0cm	47.0kg
Sub.6	F	19歳	3段	3.7年	163.0cm	58.0kg
Sub.7	M	20歳	2段	8.6年	173.0cm	75.0kg
Sub.8	M	19歳	3段	3.8年	178.0cm	77.0kg
Sub.9	M	28歳	4段	6.7年	170.0cm	66.0kg
Sub.10	M	20歳	3段	5.7年	168.0cm	57.0kg
平均		20.6歳	2.9段	4.9年	166.1cm	58.6kg
標準偏差		2.5歳	0.7段	1.8年	7.0cm	10.1kg



表4 被検者のグループ分け

	被検者	性別	年齢	段	弓歴	身長	体重
ゆるむ群	Sub.1	F	19歳	2段	4.7年	156.0cm	49.0kg
	Sub.2	M	20歳	2段	1.7年	173.0cm	53.0kg
	Sub.4	F	21歳	4段	5.8年	162.0cm	49.0kg
	Sub.5	F	20歳	3段	4.8年	160.0cm	47.0kg
	Sub.9	M	28歳	4段	6.7年	170.0cm	66.0kg
	平均		21.6歳	3.0段	4.7年	164.2cm	52.8kg
	標準偏差		3.6歳	1.0段	1.9年	7.1cm	7.7kg

	被検者	性別	年齢	段	弓歴	身長	体重
ゆるまない群	Sub.3	F	20歳	3段	3.9年	158.0cm	55.0kg
	Sub.6	F	19歳	3段	3.7年	163.0cm	58.0kg
	Sub.7	M	20歳	2段	8.6年	173.0cm	75.0kg
	Sub.8	M	19歳	3段	3.8年	178.0cm	77.0kg
	Sub.10	M	20歳	3段	5.7年	168.0cm	57.0kg
	平均		19.6歳	2.8段	5.1年	168.0cm	64.4kg
	標準偏差		0.5歳	0.4段	2.1年	7.9cm	10.7kg

表5 弓の張力(Kg)と歪み量(V)の関係

	Sub.1		Sub.2		Sub.3		Sub.4		Sub.5	
	V	Kg	V	Kg	V	Kg	V	Kg	V	Kg
100cm	6.93	16.29	6.90	20.01	6.87	17.98	6.89	19.07	6.88	15.91
95cm	6.27	14.43	6.16	17.56	6.21	15.90	5.96	16.86	6.05	14.11
90cm	5.68	12.78	5.31	15.63	5.53	14.28	5.22	15.06	5.48	12.78
85cm	5.04	11.84	4.66	13.84	4.90	12.92	4.54	13.59	4.84	11.44
	Sub.6		Sub.7		Sub.8		Sub.9		Sub.10	
	V	Kg	V	Kg	V	Kg	V	Kg	V	Kg
100cm	6.92	18.48	6.43	18.83	6.84	17.00	6.88	15.71	6.89	18.04
95cm	6.18	16.11	5.92	17.05	5.94	14.89	6.31	13.91	6.15	16.02
90cm	5.60	14.67	5.49	15.52	5.19	13.22	5.70	12.60	5.56	14.66
85cm	4.89	13.17	4.77	14.04	4.55	11.76	5.08	11.19	4.90	13.35

表6 NFB条件でのtテスト

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	
ゆるむ群	5	-.172	.113	Significant
ゆるまない群	5	.173	.15	

表7 FB条件でのtテスト

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	
ゆるむ群	5	.102	.294	No significant
ゆるまない群	5	.248	.237	

表8 FF条件でのtテスト

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	
ゆるむ群	5	.055	.265	No significant
ゆるまない群	5	.276	.391	

表 9 - 1 tテスト,NFB条件 vs FB条件

DF:	Mean X - Y:	Paired t value:	Prob. (2-tail):
4	-.35	-2.95	Significant

表 9 - 2 tテスト,NFB条件 vs FF条件

DF:	Mean X - Y:	Paired t value:	Prob. (2-tail):
4	-.227	-2.13	No significant

表 9 - 3 tテスト,FB条件 vs FF条件

DF:	Mean X - Y:	Paired t value:	Prob. (2-tail):
4	.12	.78	No significant

表 1 0 - 1 NFB条件での的的中率と歪み率との相関

Count:	Covariance:	Correlation:	R-squared:
10	.03	.47	.22

表 1 0 - 2 FB条件での的的中率と歪み率との相関

Count:	Covariance:	Correlation:	R-squared:
10	.03	.47	.22

表 1 0 - 3 FF条件での的的中率と歪み率との相関

Count:	Covariance:	Correlation:	R-squared:
10	.03	.47	.22

表11 6日間の歪み率の平均値と標準偏差

	Sub.1		Sub.3	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1日	0.03	0.03	0.01	0.02
2日	0.04	0.02	0.02	0.02
3日	0.05	0.02	0.01	0.01
4日	0.08	0.02	0.04	0.01
5日	0.06	0.02	0.05	0.02
6日	0.03	0.02	0.03	0.01
post	0.04	0.02	0.05	0.01

表 1 2 的中率と歪み率の相関

Correlation:

Sub.1	-0.14	No significant
Sub.3	-0.19	No significant

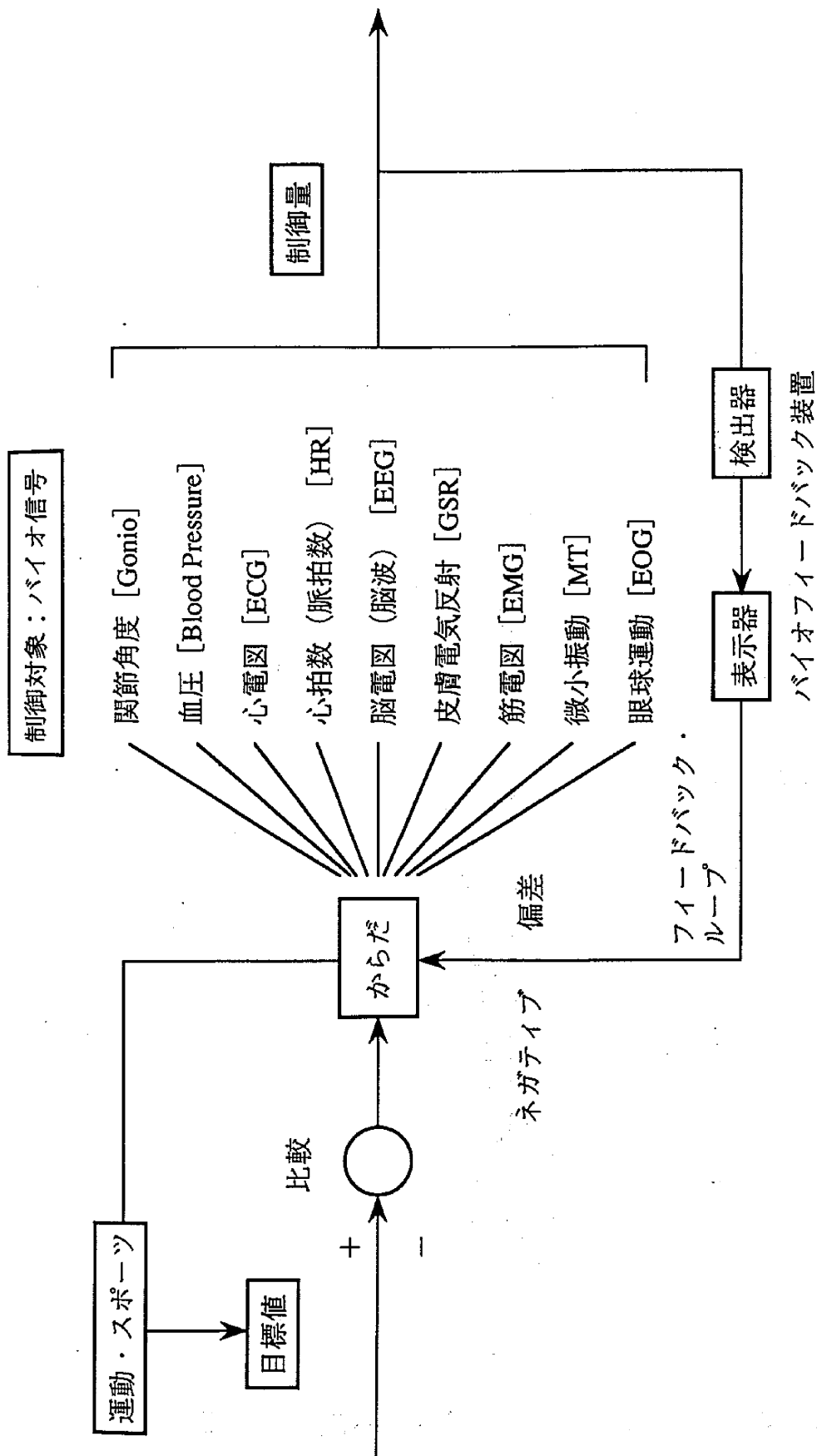


図1 バイオフィードバック・システム [永田 (1986) による]



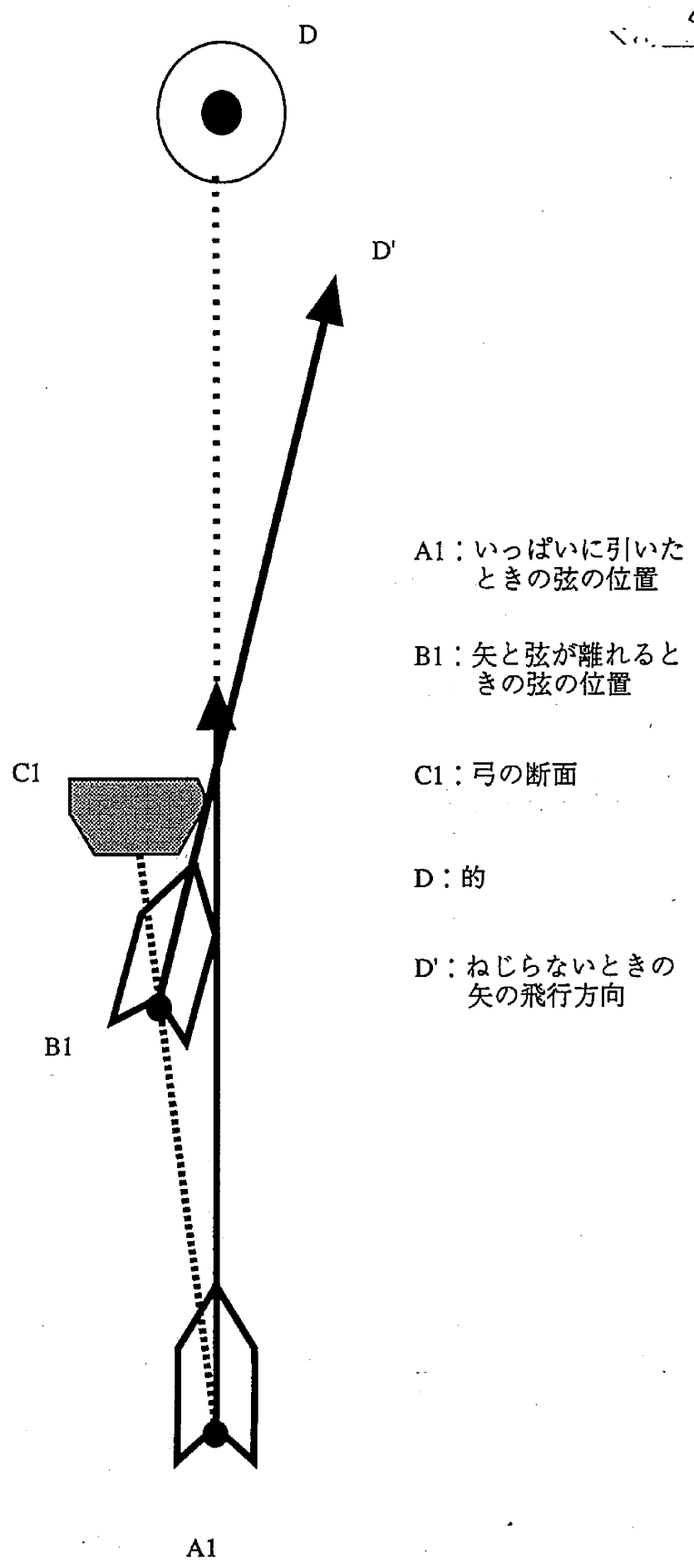


図2 角見の働き (1) [稲垣 (1973) による]

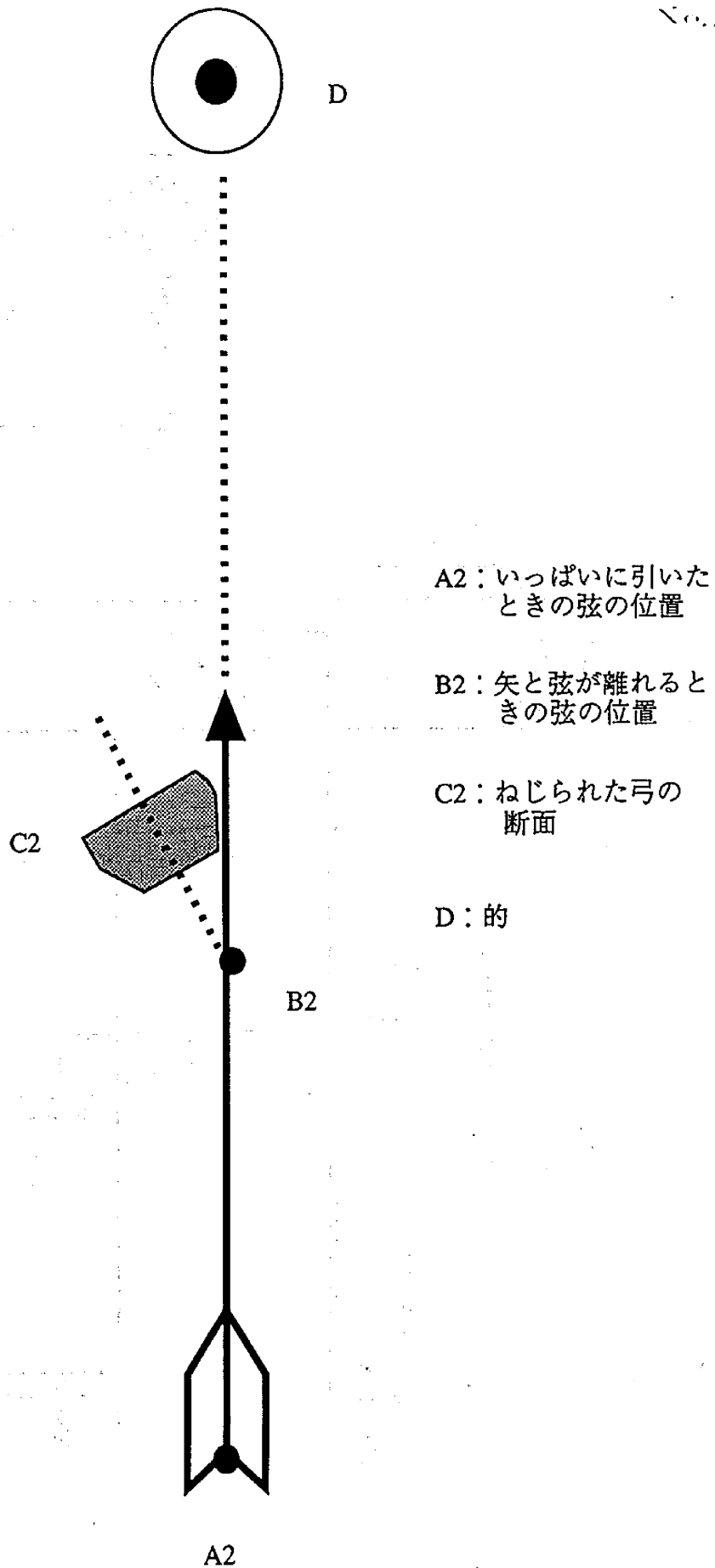


図3 角見の働き (2) [稲垣 (1973) による]

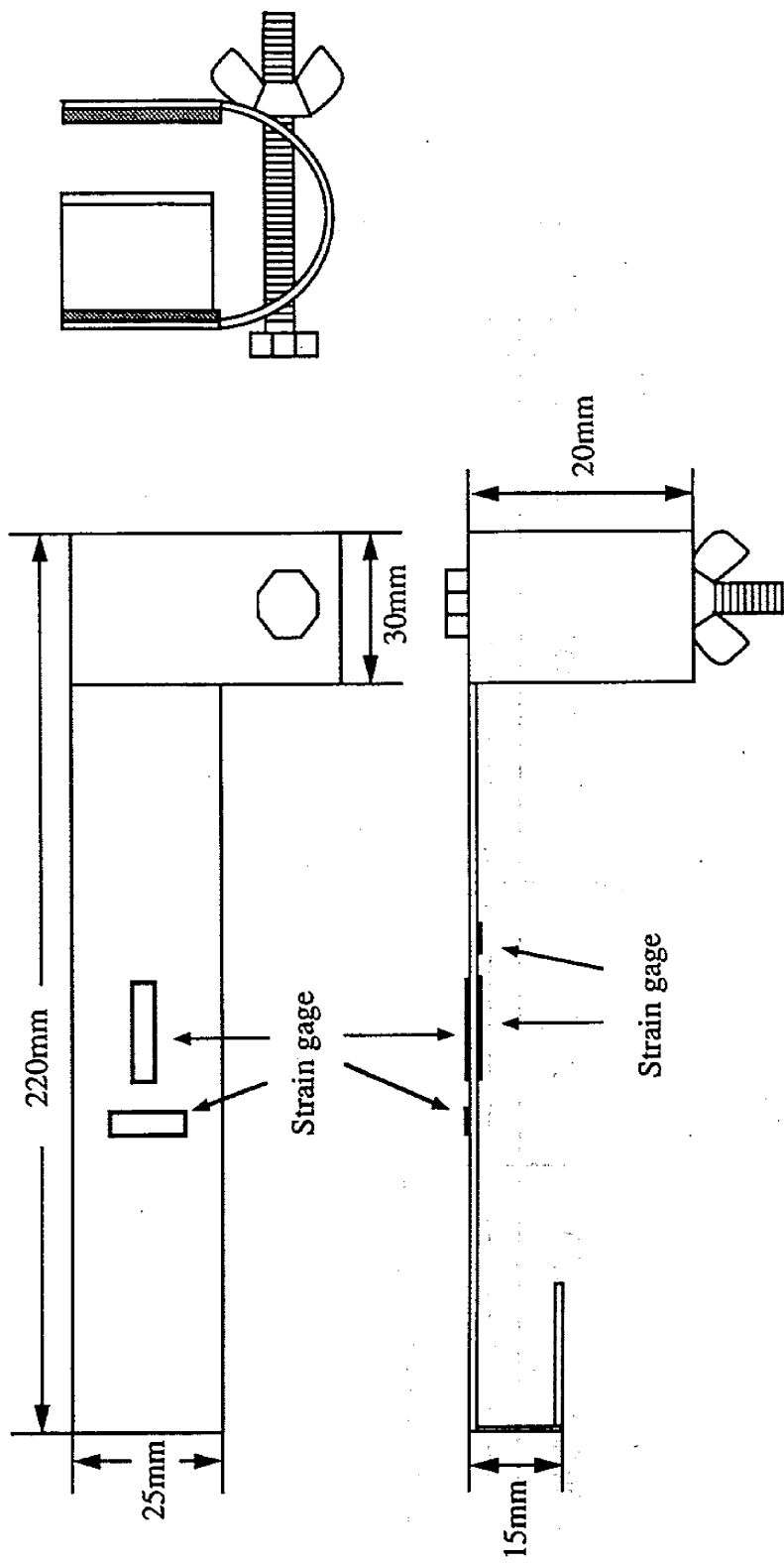


図4 ストレインゲージ歪み測定装置

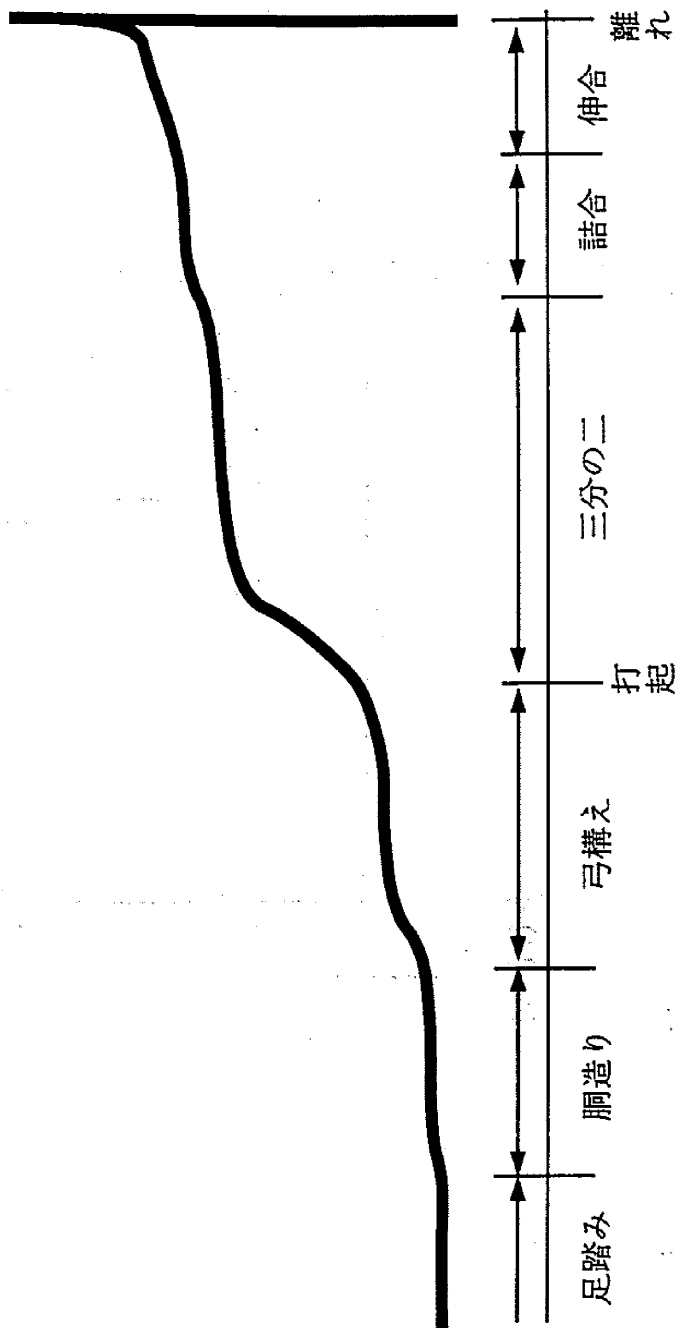


図5 歪み測定装置からの出力の模式図

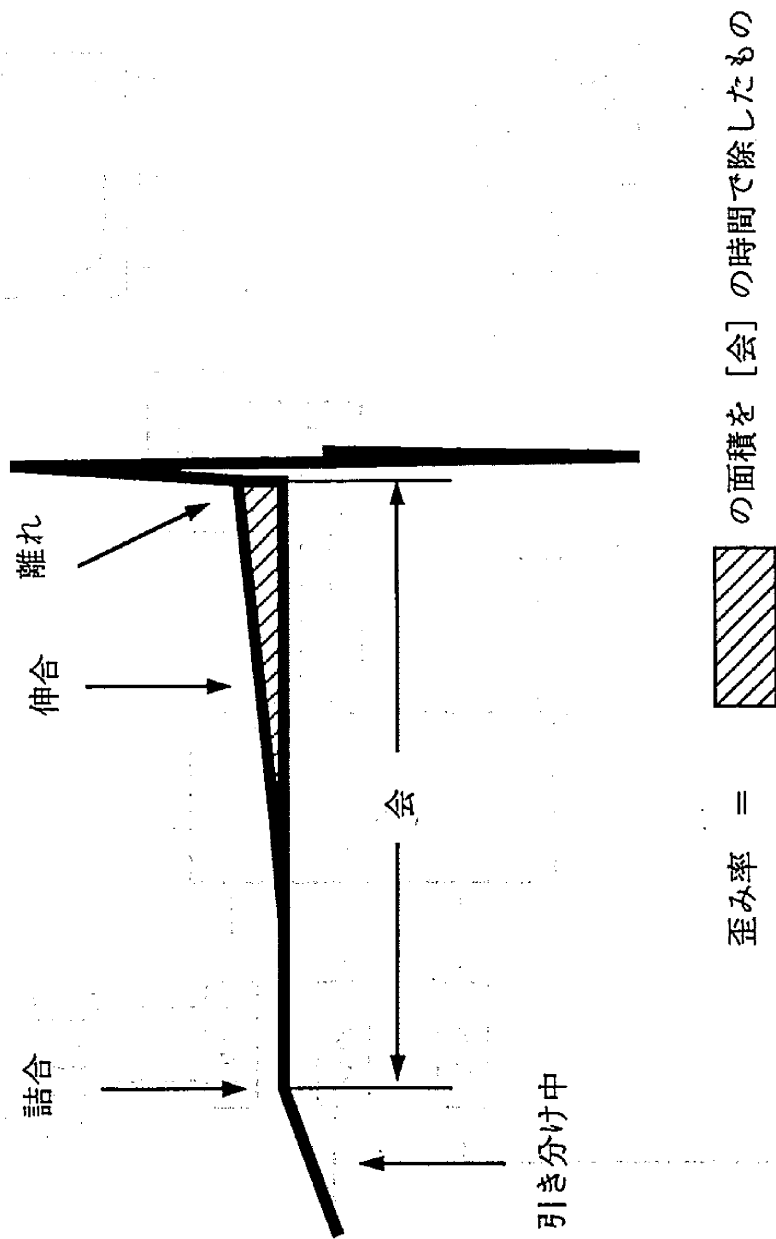


図6 歪み率計算方法

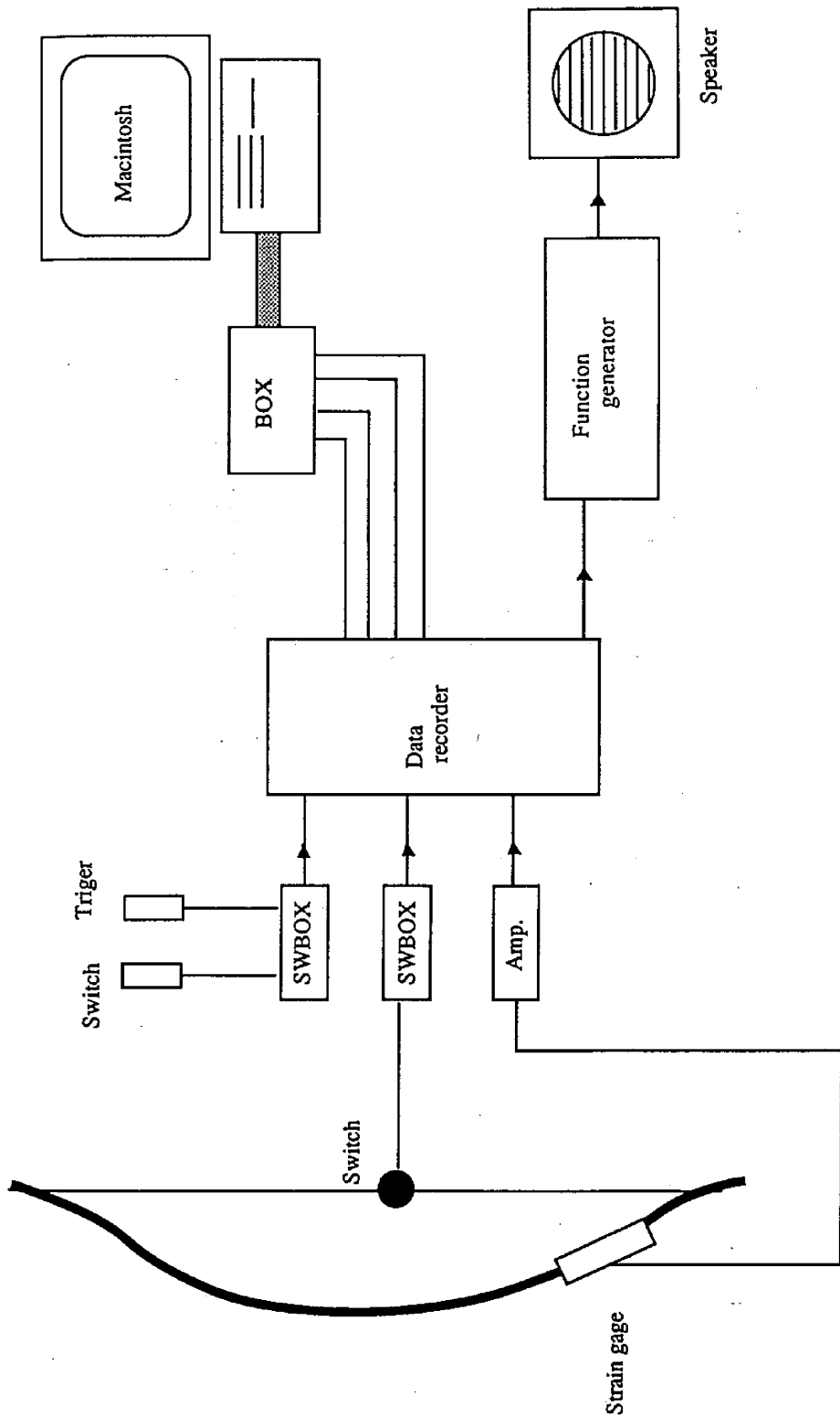


図7 測定システムの概略図

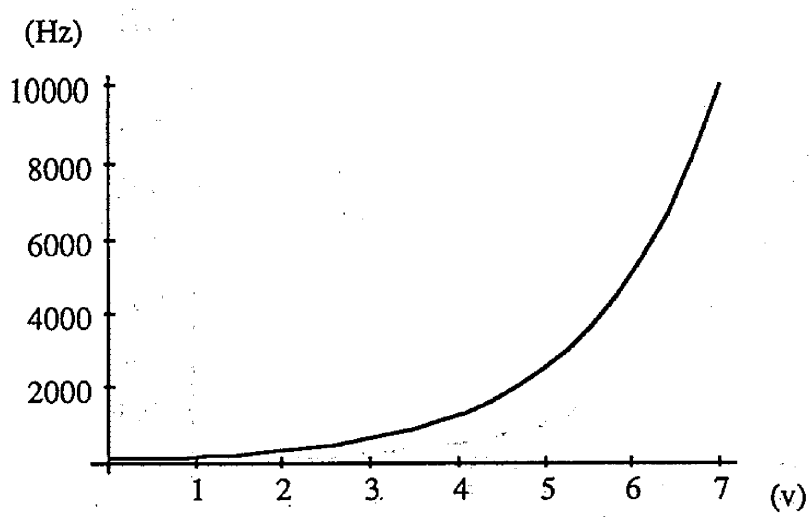


図 8. 入力電圧と出力周波数の関係

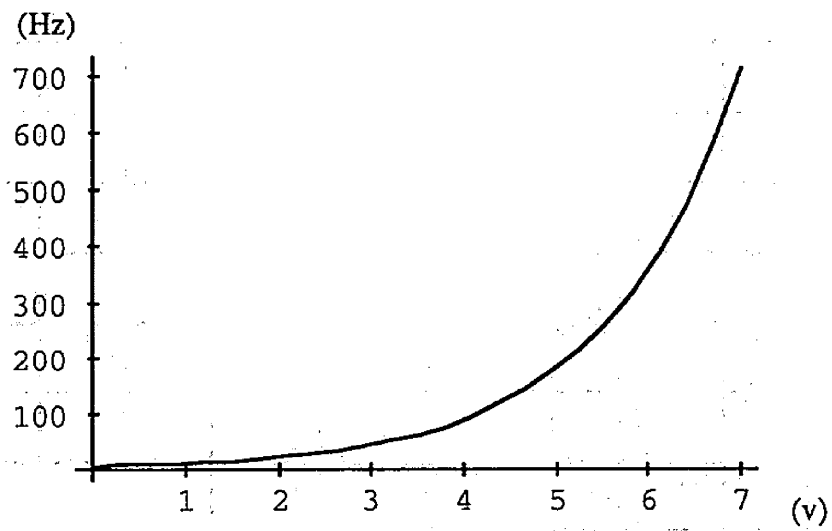


図9 出力周波数の入力0.1vに対する変化量



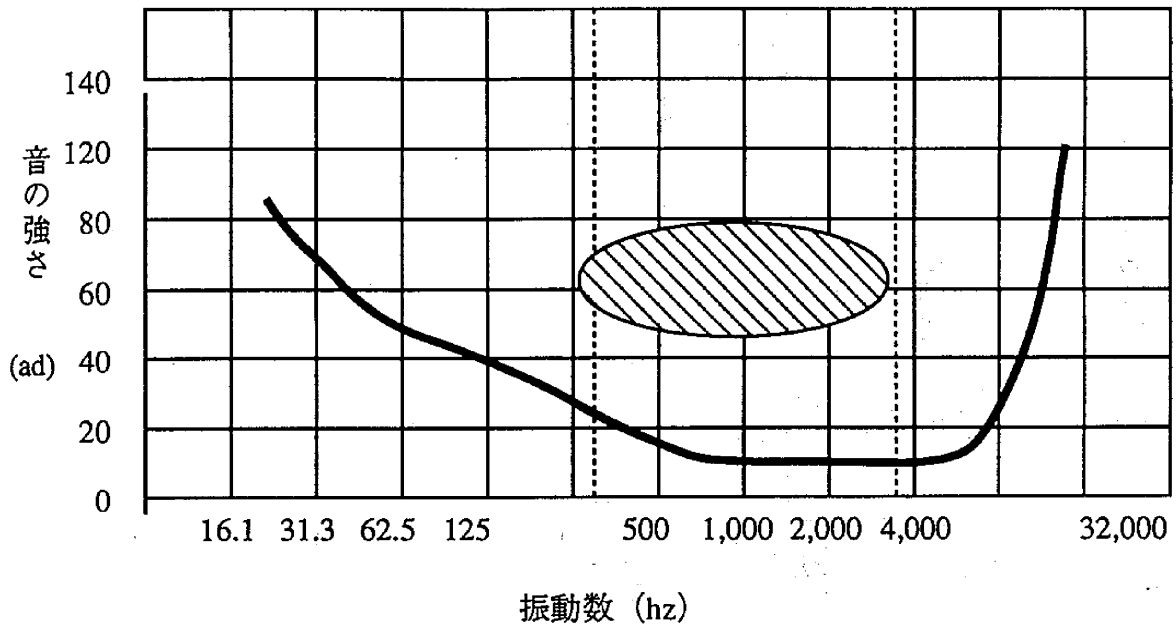


図10 聴力曲線 [鈴木、田崎、山本(1976)による]

ID \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_ ( 姓 ) \_\_\_\_\_ 年齢 \_\_\_\_\_

身長 \_\_\_\_\_ cm 体重 \_\_\_\_\_ Kg

弓歴 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ ヶ月 弓の強さ \_\_\_\_\_ Kg

記録 \_\_\_\_\_

的中記録 \_\_\_\_\_ %

**調子**

非常に悪い | 普通 | 非常に良い

体調 \_\_\_\_\_

気分 \_\_\_\_\_

**自己採点**

全体 \_\_\_\_\_ 0 (点) 50 (点) 100 (点)

NF条件 \_\_\_\_\_ 0 (点) 50 (点) 100 (点)

FB条件 \_\_\_\_\_ 0 (点) 50 (点) 100 (点)

FF条件 \_\_\_\_\_ 0 (点) 50 (点) 100 (点)

実験について

1) 音の違いが分かりましたか？

2) 音の変化によってゆるみを自覚できましたか？

3) それぞれの条件で引き方が変わりましたか？

4) 音によるフィードバックは有効だと思いますか？

5) 何か意見があれば書いてください。

図 1 1 質問用紙

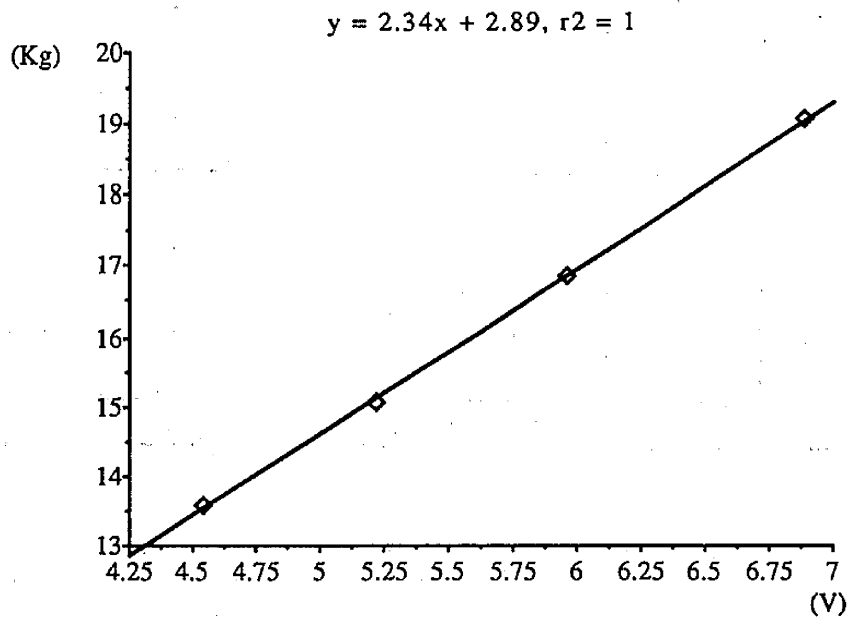
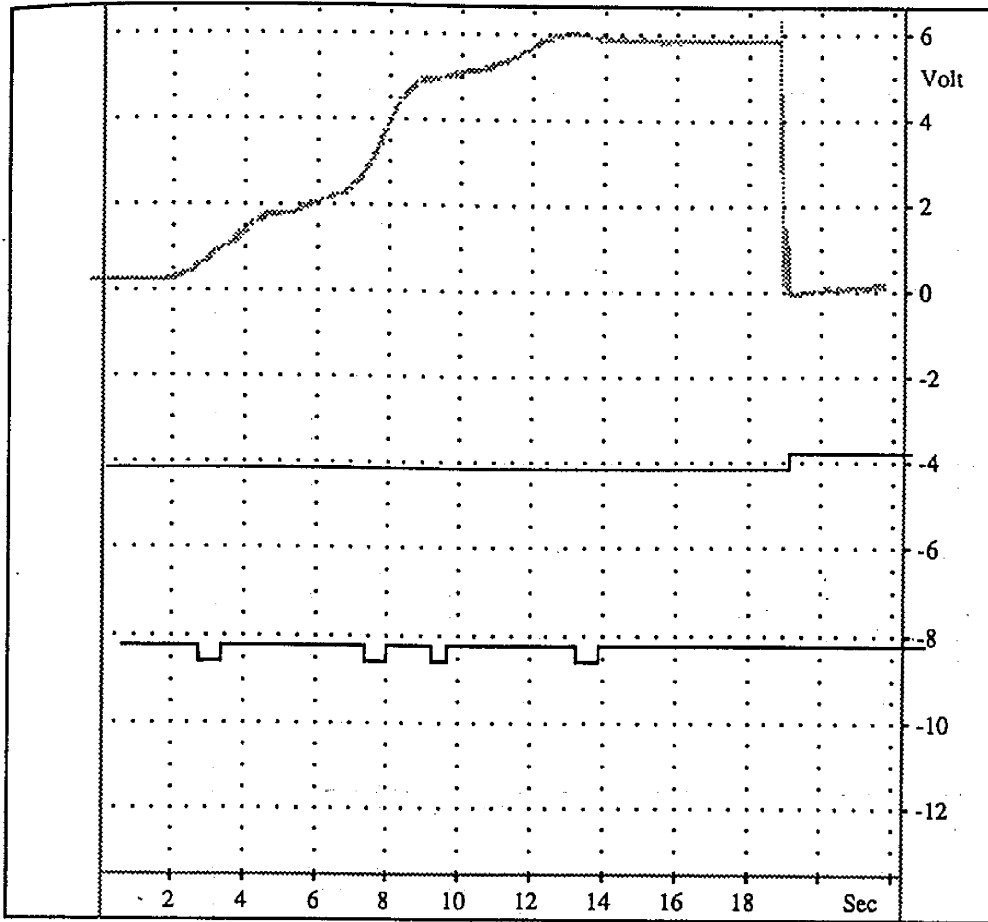


図 1 2 弓の張力と歪みの関係



58

図13 ゆるむ波形

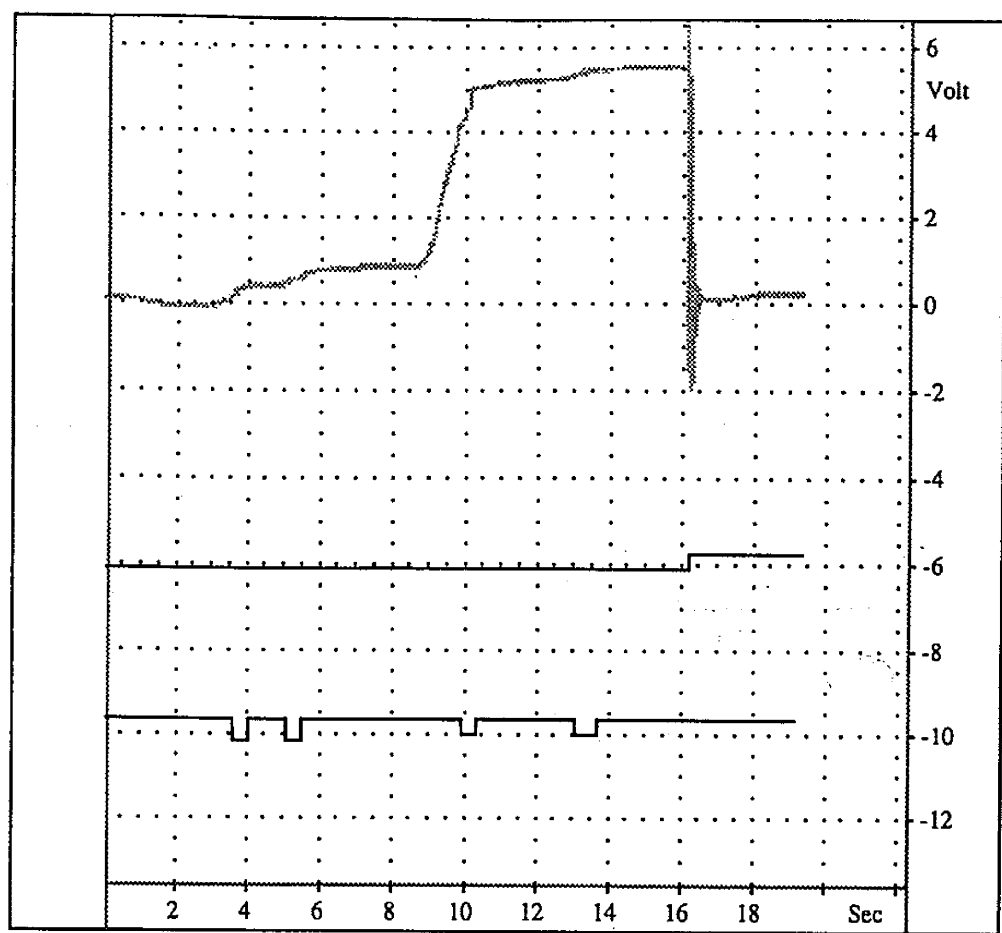


図 1 4 ゆるまない波形

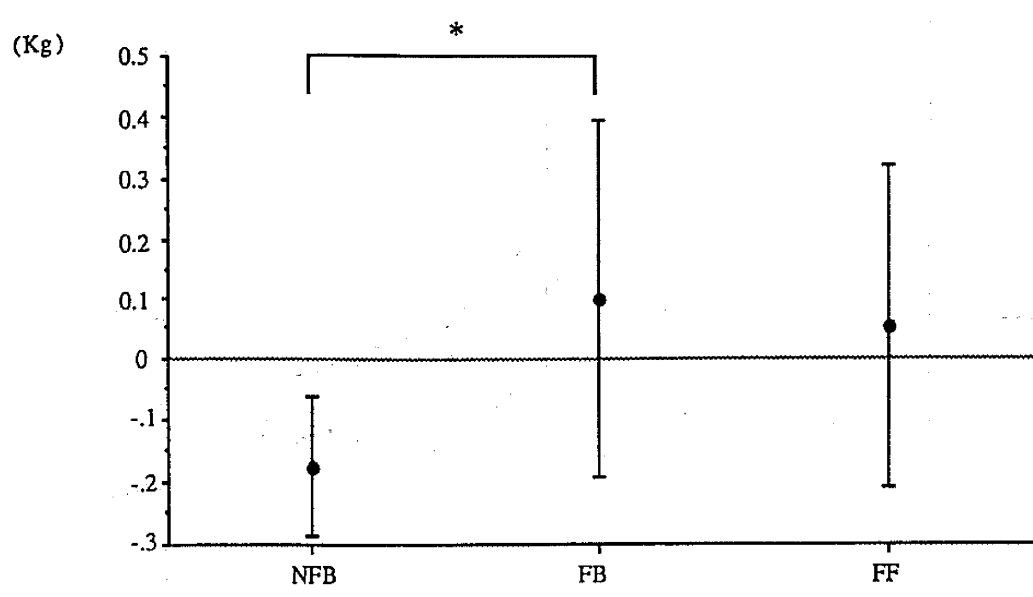


図 15 歪み率の平均と標準偏差 (ゆるむ群)

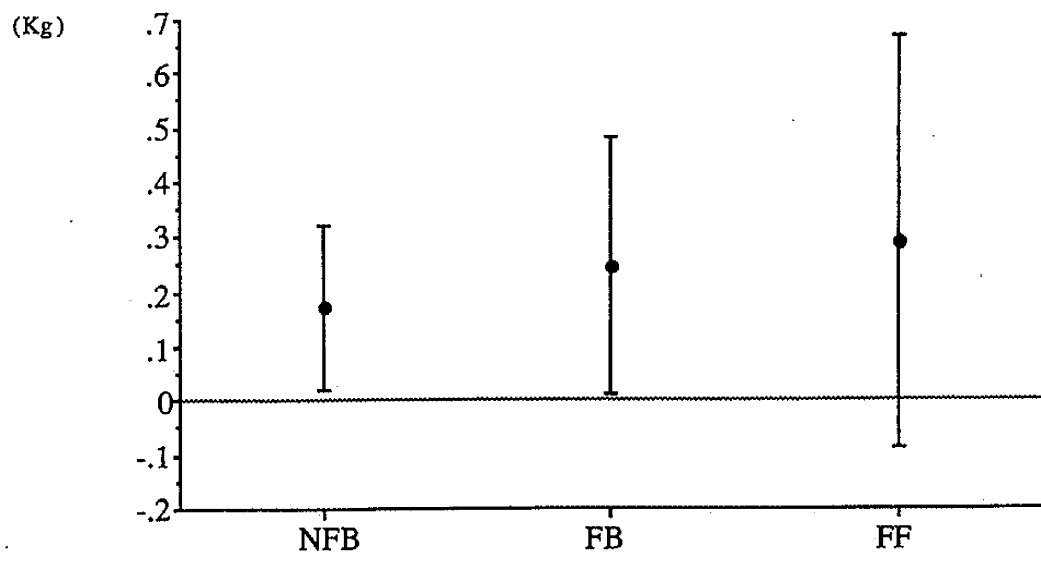


図 16 歪み率の平均と標準偏差 (ゆるまない群)

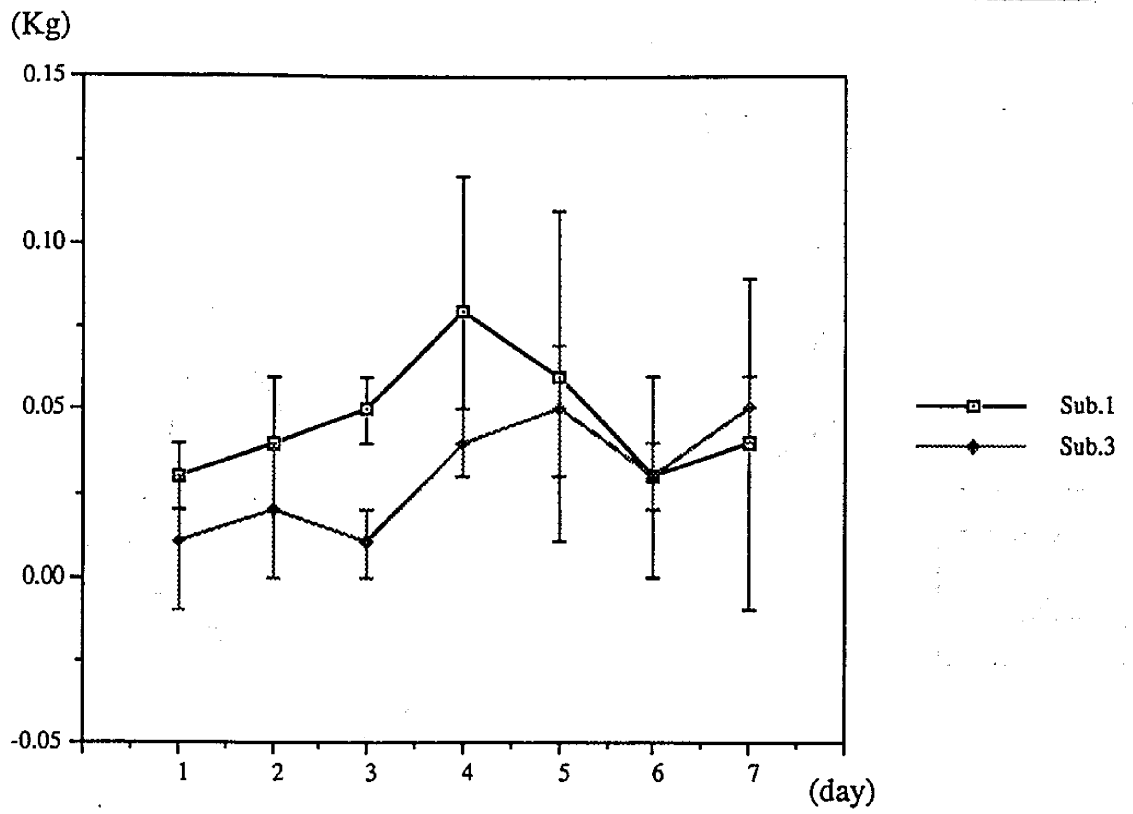


図 1 7 歪み率の 7 日間の平均値と標準偏差

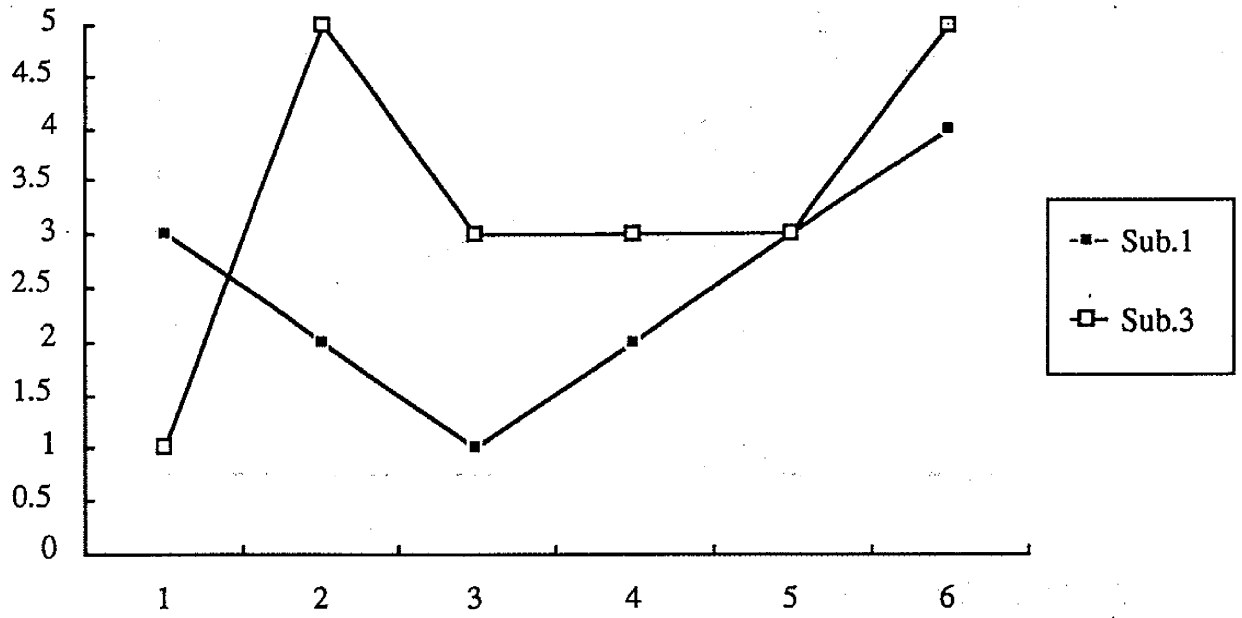


図18 6日間の的中率の変化



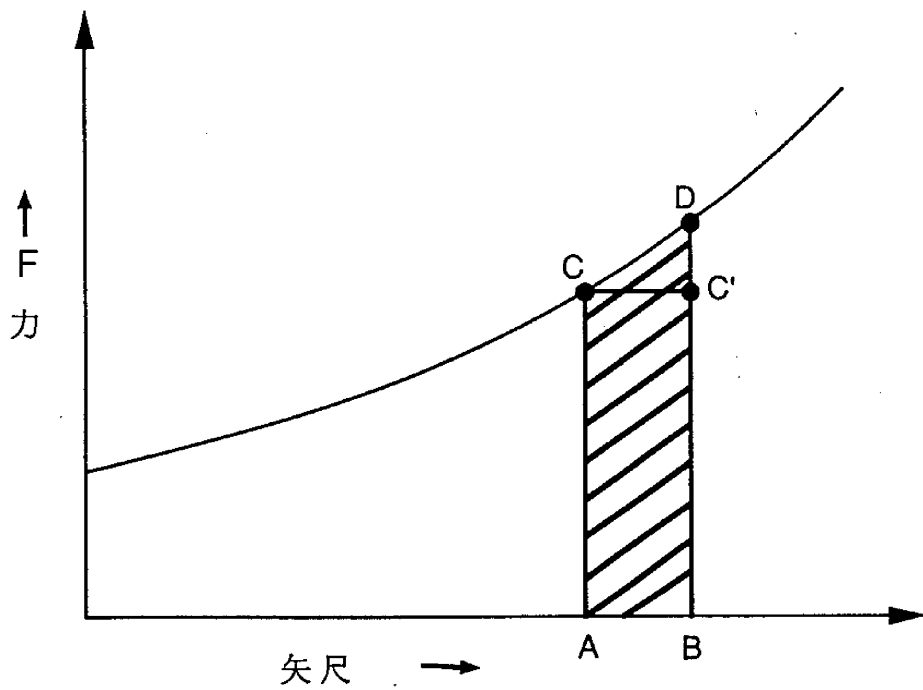


図19 伸合 稲垣 (1973) による