

UDC 621.63

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-99

計器のよみやすさに関する研究

三好範子・岡部正典・石川澄子

1966年2月

航空宇宙技術研究所

NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 報 告

- | | | | |
|-------|--|-------------|-----------------------------------|
| TR-75 | 統計流体力学の初期値問題について
On the Initial-value Problem in Statistical Hydromechanics | 1964 年 12 月 | 細 川 巖 |
| TR-76 | 高速軸流圧縮機の研究 (IV)
An Investigation of High Speed Axial Flow Compressor (IV) | 1965 年 1 月 | 大山 耕一, 松木正勝
西脇英夫, 岩部柱相
片山泰治 |
| TR-77 | Galerkin 法の収束性について
On the Convergence of Galerkin's Method | 1965 年 1 月 | 鳥海良三 |
| TR-78 | 二次元準線型双曲系の特性曲線法による数値解法
Characteristic Method for the Numerical Solution of Two-Dimensional Quasi-linear Hyperbolic Systems | 1965 年 1 月 | 三好 甫 |
| TR-79 | 引張りまたは圧縮をうける四角弾性平板の大振幅振動の影響について
Influence of Large Amplitude on Flexural Vibrations of Rectangular Elastic Plates under Initial Tension or Compression | 1965 年 1 月 | 田寺木一, 古関昌次
泉 日出夫 |
| TR-80 | 変分法直接解法において解に及ぼす束縛の数値的影響
Numerical Effect of Constraints in Calculus of the Direct Variational Method | 1965 年 1 月 | 塙 武敏, 越出慎一 |
| TR-81 | FRP コーティングの断熱特性
Thermal Insulation Characteristics of FRP Coating | 1965 年 1 月 | 竹中幸彦, 江川幸一
小川 敏一 |
| TR-82 | 多段軸流圧縮機の部分負荷特性の簡易計算法
A Simple Method of Calculating the Off-design Performance of Multi-Stage Axial-Flow Compressor | 1965 年 2 月 | 松木正勝, 藤井昭一 |
| TR-83 | 亜音速流中のパネルフラッターとダイバージェンス (I) —非圧縮流理論—
Theoretical Study of Two-Dimensional Panel Flutter and Panel Divergence in Subsonic Flow (I)
—Incompressible Flow Case— | 1965 年 2 月 | 石井孝雄 |
| TR-84 | 遷音速タービン翼列二次元試験 (II)
Experimental Investigation on Transonic Turbine Cascades (II) | 1965 年 3 月 | 近藤 博, 養田光弘
山崎紀雄 |
| TR-85 | 回転翼の線型理論 (II)
—揚力線理論—
Linearized Aerodynamic Theory of Rotor Blades (II)
—Lifting-Line Theory— | 1965 年 3 月 | 市川輝雄 |
| TR-86 | 高速多段軸流圧縮機の部分負荷特性の一計算法
A Method for Predicting the Off-design Performance of Multi-Stage Axial-Flow Compressors Operating in the Transonic Flow | 1965 年 5 月 | 松木正勝, 藤井昭一
五味光男 |
| TR-87 | 亜音速流中のパネルフラッタとダイバージェンス (II) 圧縮流理論 (III) 実験的研究
Study of Two Dimensional Panel Flutter and Panel Divergence in Subsonic Flow (II) Compressible Flow Case (III) Experimental Study | 1965 年 6 月 | 石井孝雄 |
| TR-88 | 尾翼, 胴体結合構造物の地上振動試験結果に関する定性的な吟味
Qualitative Examinations on the Results of Ground Vibration Tests of Tail Wing-Fuselage Combination Structure | 1965 年 6 月 | 塙 武敏, 越出慎一 |
| TR-89 | 垂直突風および航空機の突風応答に関する実験的研究
An Experimental Investigation on Vertical Gusts and the Airplane Response | 1965 年 6 月 | 小野幸一, 山根晴三郎 |

計器のよみやすさに関する研究*

三好範子**・岡部正典**・石川澄子***

A Study of Dial Legibility

By Noriko MIYOSHI, Masanori OKABE and Sumiko ISHIKAWA

An experimental study on eye-movement has been carried out to know its validity as an index of legibility. Movement (fixation frequency), accuracy and speed in dial reading are measured.

The correlation between eye-movement, accuracy and speed suggests the possibility of eye-movement as a good index for the measurement of legibility as well as accuracy and speed. Eye-movement will be quite effective for the evaluation of forthcoming integrated displays on account of its characteristics to make clear the reading processes qualitatively.

1. ま え が き

人間機械系において、機械から人間への情報の伝達は、「表示装置→感覚器官」というプロセスを通して行なわれる。ここで使用される感覚としては、視覚・聴覚をはじめとして、いわゆる人間の五感がすべて参加しうが、一般には、この中でも、とくに視覚に依存する場合が最も多く、かつ重要である。たとえば、航空機の離陸動作は、その 88 % が視覚的表示により、20 % が聴覚的表示、13 % が運動感覚的表示によって行なわれているという¹⁾。(この総計が 100 % を越えるのは、表示が二重に与えられているためである。) このように航空機の場合において、表示装置として最も多く使用されているのは目で見える計器であるが、たとえこの計器が必要な情報をあやまりなく表示し得たとしても、人間があやまってよみとったり、そのよみとりに明確さが欠けたりすると、それがただちに事故の原因にもなりかねない。したがって、計器の設計においては、計器そのものの感度や信頼性が問題になることはもちろんであるが、それとともに、視覚的表示としての良否が問題になってくる。

ところで、計器が視覚的表示としての機能を十分に果すためには、まず、その legibility (よみやすさ) が問題になる。ここで legibility というのは Sleight, R.B. の定義によれば²⁾, recogniza-

* 昭和 41 年 1 月 28 日受付

** 計測部

*** 通産省工業技術院産業工芸試験所 (元計測部)

bility と meaningfulness を合わせ含むものであるという。すなわち、与えられた指示から意味のある情報をうるまでの可能性の度合をいうのである。視覚的表示に関しては、legibility のほかに visibility（見やすさ）という要因も問題になるが、計器の設計を問題にする場合にはこれは重要ではない。

さて、legibility はどのようにして測定し、評価したらよいかという点になると、まだ方法論的には定説がないが、高木³⁾、Burt, H.E. ら⁴⁾ による見解から総合して、一応次のような測度がある。

1. よみとりの速さ（よみとり時間）
2. よみとりの正確さ（よみあやまり）
3. 生理的・心理的反応（まばたき、眼球運動）
4. 確認距離（よみうる最大距離）
5. よみうる最小照度
6. 認知できる最大の焦点のぼけ
7. 多数のものによる主観的評価

このうち 4～6 は、本質的には、visibility の測度として有効な特性をもっているものであるが、計器の legibility の測定に対しては、むしろ間接的な手がかりを与えるにすぎないものと考えられる。また 7 は主観的な判断を含むものであり資料としての客観性に乏しいという点から、legibility の測度としては 1～3 に示された項目が、現在考えられる範囲では最も有効であろうと思われる。

これまでに、計器の legibility という問題をめぐって、たとえば、計器の型、大きさ、目盛、数字、指針、照明、layout などに関する研究が数多くなされてきた。これらの研究報告においては legibility の評価にあたって、正確さと速さを測度としているものがほとんどである^{2), 5), 6)}。他方、まばたき、眼球運動などの生理的・心理的反応については、文章のよみやすさ（readability）に関していくつかの試みがなされているだけで、計器の legibility の測度として適用を試みた例は見当たらない。

本報告では、計器よみとりにおける眼球運動がよみとりの速さ、正確さといかなる関係を有するかを調べ、眼球運動の legibility の測度としての特性と妥当性を検討した。

2. 実 験

2.1 方法

この実験は次の三つのブロックからなっている。すなわち、

実験 1: 現用計器（高度計）のよみとりにおける正確さと速さの測定

実験 2: 模擬計器のよみとりにおける正確さと速さの測定

実験 3: 現用計器および模擬計器のよみとりにおける眼球運動の測定

以上の実験を通して、正確さの測度としては、タキストスコープ（瞬間露出器）により刺激図形を 1/5 秒間呈示した場合のよみあやまりのひん度を使用した。1/5 秒という呈示時間は、本実験に使用されたタキストスコープによって予備実験を行なった結果、正確さの測定に対する臨界露出時間として最も適当であると判断されたものである。また、速さの測度としては、おなじくタキストスコープにより、正確によみとれるまでの時間を使用した。眼球運動は、アイカメラによる垂直・水平方向の運動の軌跡（Ophtalmograph）と、万能型脳波計による眼球電位図（Electro-oculograph, 以下 E・O・G と略す）の同時記録により測定した。この方法によれば、眼球運動の水平・垂直方向の走査量，走査時間，凝視時間，凝視ひん度，走査パターン，まばたきの回数などが

		現 用 計 器	
		(5 桁表示)	
三指針型	略称	T ₁	T ₂
	刺激図形		
	指示値	65,050 ft	65,050 ft
デジタル表示 + 一指針型	略称	C ₁	C ₂
	刺激図形		
	指示値	21,250 ft	01,635 ft

図 1 刺激図形の例（現用計器）

注： 各計器のよみ方

T₁……短針が万位，中針が千位，長針が百位以下を示す。

最小目盛は 20 ft.

T₂……細く長い針が万位，あとは T₁ と同じ。

C₁……中央左部の窓にデジタルカウンタ式に示される数字が万位と千位，指針は百位以下，最小目盛は 50 ft.

C₂……中央右部にテープ式カウンタで示されるのが，万位，千位で，中央矢印の位置でよみとる。指針は百位以下，最小目盛は 20 ft.

表 1 現用計器の誤読率・よみとり時間（中央値）

ダイヤルタイプ 測度	T ₁	T ₂	C ₁	C ₂
よみあやまり (%)	72.3	59.0	52.0	76.7
よみとり時間 (秒)	8.84	5.92	3.90	4.97

		模 擬 計 器	
		3 桁表示	4 桁表示
指 針 回 転 型	略称	1P	2P
	刺激図形		
	指示値	245	0,825
尺 度 回 転 型	略称	1S	2S
	刺激図形		
	指示値	205	5,770
尺度・指針回転型	略称	1PS	2PS
	刺激図形		
	指示値	795	7,245

図 2 刺激図形の例（模擬計器）

注：各計器のよみ方

1P および 1PS……指針が百位以下を示す。最小目盛 20

1S……時計の 12 時の位置にある固定指針の位置にある数字をよむ。最小目盛 20

2P および 2PS……短針が千位、長針が百位以下。最小目盛 20

2S……1S と同様であるが、内側の小円は千位を示す。

最小目盛 20

計測されうるが、ここでは予備実験の結果、記録の明確さと、処理の容易さを理由として一応凝視ひん度を測度として使用することにした。この場合、凝視ひん度はおおむね被験者が、ダイヤル面上の数字や指針の位置をよみとるために注視しなければならない点の数を表わすものと考えられる。

実験手続の詳細、アイカメラおよび E・O・G の測定法と記録例は付録を参照されたい。

2.2 結果

(1) 実験 1

現用の高度計 4 種（三指針型 2 種、デジタル表示と一指針を組み合わせた型 2 種、すべて 5 桁表示、図 1 参照）につき、よみあやまりのひん度およびよみとり時間を測定した。よみおとしは、よみあやまりに含めて算定した。結果は表 1 に示したとおりで

(a) よみあやまりのひん度は、次に示す順序に増加した。

$$C_1^{**} < T_2^{**} < T_1^{**} < C_2^{**}$$

ここで ** は、ダイヤル・タイプ間の差が 1% レベルで有意であることを示す（以下同様）。

(b) よみとり時間は、

$$C_1^{**} < C_2^{**} < T_2^{**} < T_1^{**}$$

の順序で増加している。

(c) なお、ダイヤル・タイプ間のよみあやまりのひん度とよみとり時間の関係は、10% レベルで正の相関関係を示した（ピアソンの偏差積率相関係数 $r=0.164$ ）。

(2) 実験 2

模擬計器 6 種（指針回転型 2 種、尺度回転型 2 種、指針尺度ともに回転する型 2 種、3 桁および 4 桁表示、図 2 参照）について実験 1 と同様に、よみあやまりのひん度とよみとり時間を測定した。結果は表 2 に示すとおりである。

表 2 模擬計器の誤読率・よみとり時間（中央値）

測度	3 桁表示			4 桁表示		
	1S	1P	1PS	2S	2P	2PS
よみあやまり (%)	18.1	50.6	51.2	63.1	66.9	88.8
よみとり時間 (秒)	1.86	2.44	2.34	2.39	3.53	3.69

表 3 現用計器・模擬計器の凝視ひん度

	3 桁表示			4 桁表示			5 桁表示			
	1S	1P	1PS	2S	2P	2PS	T ₁	T ₂	C ₁	C ₂
凝視ひん度 (回)	2.12	2.37	2.77	3.82	4.85	5.32	7.02	7.40	4.40	3.57

(a) よみあやまりのひん度は

$$1S^{**} < 1P < 1PS^{*} < 2S < 2P^{**} < 2PS$$

のように増加した。(ここで * はダイアルタイプ間の差が 5% レベルで有意であることを示す。以下同様)。これを、表示桁数別にみると

$$3 \text{ 桁表示 } 1S^{**} < 1P < 1PS$$

$$4 \text{ 桁表示 } 2S < 2P^{**} < 2PS$$

となる。3 桁表示の場合も 4 桁表示の場合も尺度回転型、すなわち指針が動かない型がよい成績を示した。

(b) よみとり時間は、

$$1S^{**} < 1PS < 2S < 1P^{*} < 2P < 2PS$$

の順で増加した。これを表示桁数別にみると、

$$3 \text{ 桁表示 } 1S^{**} < 1PS < 1P$$

$$4 \text{ 桁表示 } 2S^{**} < 2P < 2PS$$

で、よみとり時間においても、尺度回転型がよい成績を示した。

(c) ダイアル・タイプ間のよみあやまりのひん度とよみとり時間は、1% レベルで高い相関関係を有する。(r=0.7126)

(3) 実験 3

実験 1 および 2 で使用された計器のすべてについて、よみとりの際の眼球運動の記録をとり、凝視ひん度を算定した。結果は表 3 に示すとおりである。

すなわち、凝視ひん度は

$$1S < 1P < 1PS^{**} < C_2 < 2S < C_1 < 2P < 2PS^{**} < T_1 < T_2$$

の順に増加している。これを表示桁数別にみると、

$$3 \text{ 桁表示 } 1S < 1P < 1PS$$

$$4 \text{ 桁表示 } 2S^{**} < 2P < 2PS$$

$$5 \text{ 桁表示 } C_2^{**} < C_1^{**} < T_1 < T_2$$

であった。ここでは、各系列ともに、指針が固定のタイプ、ないしは指針の数が少ないタイプにおいて凝視ひん度が少ないことが明らかとなった。この結果は十分予想できることではあるとはいえ客観的にとらえ得たのは興味深いことである。

3. 考 察

(a) さきに、実験 1 および実験 2 で測定されたよみあやまりとよみとり時間、すなわち、正確さと速さの間に正の相関のあることを述べた。それでは凝視ひん度は、正確さや速さといかなる相

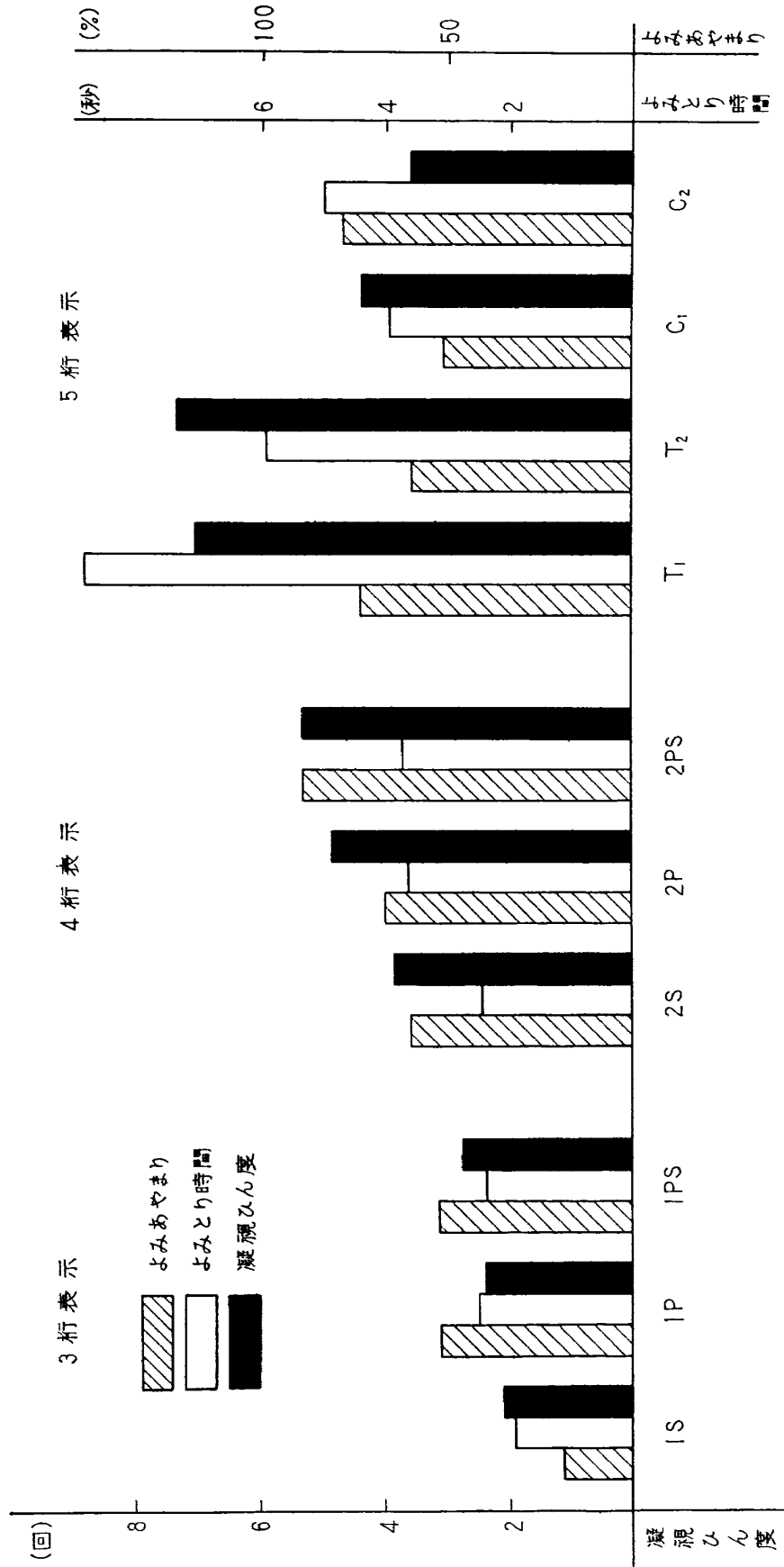


図 3 凝視ひん度・よみとり時間・よみあやまりの関係

関関係を示すであろうか（図 3）。凝視ひん度とよみあやまりについては、5% レベル（スピアマンの順位相関係数 $r_s=0.636$ ），凝視ひん度とよみとり時間については 1% レベル（ $r_s=0.782$ ）で高い相関があった。すなわち，凝視ひん度の少ない計器においては，正確さ，速さともにより成績を示し，逆に凝視ひん度の多い計器では，正確さも速さも劣ることが明らかとなった。

このことから，凝視ひん度は，正確さや速さと同様に，legibility の測度として十分高い妥当性を有するものであると考えてよいように思われる。

（b） また，legibility の測度として用いる場合には，眼球運動は，正確さや速さによって測定される量的な知見のほかに，その過程に含まれる質的な事情に関する説明をも可能にする性質をもつことも明らかにされた。たとえば，実験 1 において，C 型計器，とくに C₂ 型では，よみとり時間でみると比較的優位にあるにもかかわらず，よみあやまりが多いという結果がもたらされている。このことは，他の計器のもつ傾向と矛盾するものであるが，眼球運動のパターンをみると，この型においては，5 桁，4 桁のデジタル表示の部分に対して多くの凝視時間が配分されていることが明らかである。すなわち，この部分の解釈（弁別・判断）により多くの時間が費されていることを示しているにほかならないと考えられる。制限された時間（1/5 秒）内でのよみあやまりのひん度

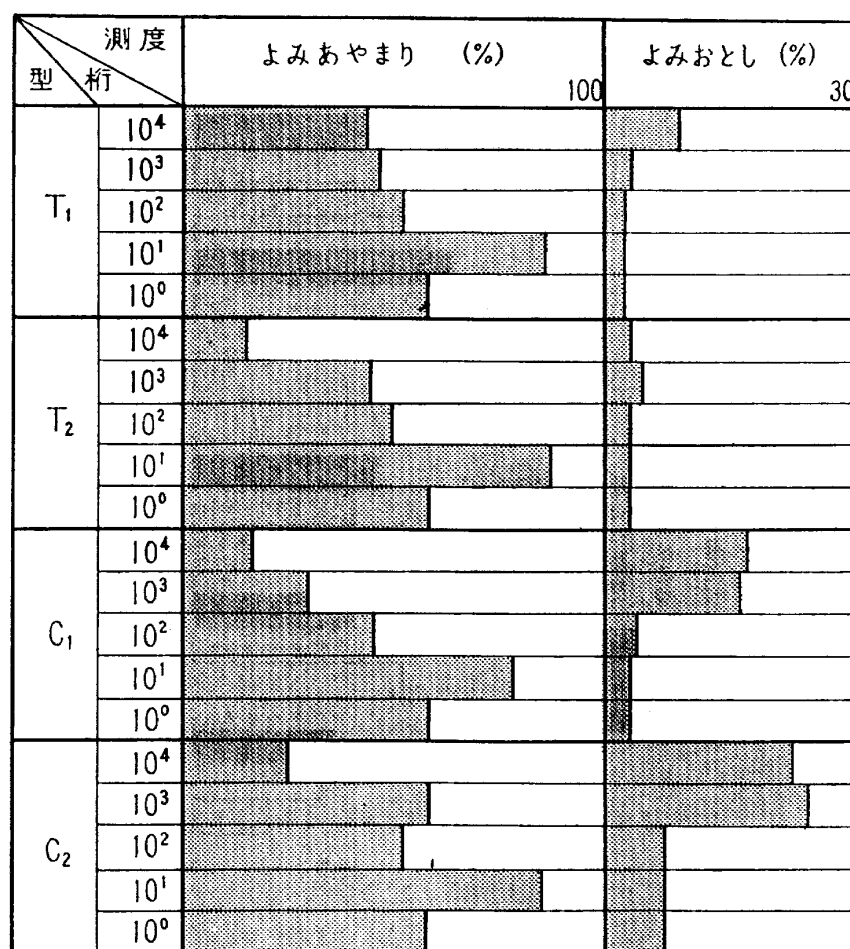


図 4 桁別のよみあやまり・よみおとし率

を桁別に算定すると、明らかに 5 桁、4 桁のよみおとしが多い（図 4 参照）。それゆえ、表示設計の観点からは、このデジタル表示部分に問題があるということになる。

以上のように、眼球運動の測定から、正確さや速さの測定だけでは握できないよみとり過程の質的な解析も可能になるので、legibility に影響を与える要因を解明する測度としては、ほかの二つと併用することが、legibility の評価をより有効にするであろう。

最近とくに航空機の性能が向上し、表示内容もますます複雑化してくると、迅速かつ容易に多くの情報を与える必要が生じ、一つの表示面に 関連あるいくつかの情報を有機的に表現する、いわゆる統合計器（Integrated Instruments）が要求されるようになってきている。このような新しいタイプの表示方式には、従来の計器と違って、多分に絵画的・写実的な表示方式も取り入れられることになるであろうから、正確さや速さという測度とともに、眼球運動という測度が、その legibility の評価により一層重要な役割を果たすことになると思われる。

4. 結 論

計器が表示装置としての機能を十分に果たすためには、まずその legibility（よみやすさ）が問題となる。この報告では、眼球運動の、計器の legibility の測度としての妥当性を吟味し、その特性をは握するために、三つの実験を行なった。

結果は次のとおりである。

（a） legibility の測度としてこれまで多く用いられてきたよみとりの正確さや速さとの関連性からみて、眼球運動を手がかりとして legibility の評価を行なうことは十分可能であることがわかった。

（b） 眼球運動を測度として加えることにより、正確さや速さの測定だけでは、握できないよみとり過程の解析が可能となるので、ここで用いた量的よみとりのための計器にもよい測度となりうるが、今後開発が期待される統合計器の評価の測度としては、とくに有効性を発揮するものと思われる。

なお、この研究を行なうにあたって、青山学院大学高木貫一、米沢俊治両先生、人間工学研究室の百名技官にご協力をいただいた。厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) Channel, R.C.: An Analysis of Pilot's Performance in Multi-Engine Aircraft (R5D), An Analysis of Data from NMRI BuMed Proj. x-651, ONR, Special Devices Center, Contract Nbori-151, Proj. 2-00-1, (1947)
- 2) Sleight, R.B.: The Effect of Instrument Dial Shape on Legibility. J. Appl. Psychol., Vol. 32, No. 2, (1948) pp. 170-188.
- 3) 高木貫一: 応用視知覚論, 心理学講座, 中山書店 (昭和 29)
- 4) Burt, H.E., Basch, C.: Legibility of Bodoni, Baskerville, Roman and Chalttenham type of faces. J. Appl. Psychol., 7 (1923), pp. 237-245.
- 5) 増田惟茂・高木貫一: 尺度による数値読とりに関する一研究, 航空研究所彙報, 94 (昭和 7)
- 6) Grether, W.F.: Analysis of Types of Errors in Reading of the Conventional three-pointer altimeter, Aero Medical Laboratory, Air Material Command, Dayton, Ohio, Report No. MCREXD-694-14A, (1948)
- 7) 三好範子, 岡部正典, 石川澄子, 米沢俊治: ダイアルの legibility に関する実験的研究その 1, 航空機における高度計の設計上の諸問題, 日本心理学会第 26 回大会発表論文集, (昭和 37) p. 496
- 8) 岡部正典, 三好範子, 石川澄子, 米沢俊治: ダイアルの legibility に関する実験的研究その 2, 尺度固定型と指針固定型の比較, 同上, p. 497
- 9) 三好範子, 百名盛之, 岡部正典, 石川澄子: ダイアルの legibility に関する実験的研究その 3, 眼球運動を指標とするよみとり過程の分析, 日本心理学会第 27 回大会発表論文集 (昭和 38) p. 620
- 10) Dodge, R. and Thomas S.C.: The Angle Velocity of Eye Movement. Psychological Review, Vol. VII (1901), pp. 455-457
- 11) Tinker, Miles A.: Recent Studies of Eye Movements in Reading. Psychological Bulletin, Vol. 55, No. 4 (1958), pp. 215-231
- 12) Hoffman, A.C.: Wellman, B. and Carmichael, L.: A Quantitative Comparison of the Electrical and Photographic Techniques of Eye-Movement Recording. J. Exp. Psychology, 24 (1939), pp. 40-53

付録 A 実験手続

(1) 実験 1

現用計器（高度計）のよみとりにおける正確さと速さの測定

(a) 刺激図形

図 1 に示される現用計器（高度計）4 種。図形はつやけしの印画紙に実物大にやきつけたもの。各タイプにつき練習用 5 枚，実験用 20 枚。

(b) 被験者

60 名。うち男子 40 名，女子 20 名，当所職員のうちから裸眼視力両眼とも 1.0 以上のもの，年齢 18～30 才を選んだ。

(c) 装置

竹井機器(株)製，タキストスコープにクロノスコープを接続して使用した。

(d) 手続

テスト I においては，刺激提示時間 1/5 秒におけるよみあやまり，よみおとしの測定。この場合，設定指示値とよみとり値の差が 100 ft 以下のものを正読と見なした。テスト II においては正確によみとれるまでの時間の測定を行なった。この場合よみとり誤差の許容範囲は ± 10 ft である。

(2) 実験 2

模擬計器のよみとりにおける正確さと速さの測定

(a) 刺激図形

図 2 に示される模擬計器 6 種，各タイプに練習用 8 枚，実験用 8 枚。図形は直径 70mm の黒地に白のつやけし写真。指針，数字，目盛の形状およびサイズは JIS W6004-05 による。P 型は尺度原点が時計の 12 時の位置にあり，指針が回転する。S 型は指針が 12 時の位置に固定で，尺度が回転する。PS 型は尺度原点を乱数表により任意の点におき，かつ指針も回転する。

(b) 被験者

男子 20 名。年齢 18～26 才。裸眼視力両眼とも 1.0 以上。

(c) 装置

竹井機器(株)製タキストスコープおよびクロノスコープ。

(d) 手続

テスト I ではよみあやまりの測定を行なった。図形の提示時間は 1/5 秒，被験者はよみとり値を口答で報告する。この場合，設定指示値とよみとり値の差が ± 10 以下のものを正読とみなした。

テストⅡでは、よみとり時間の測定を行なった。被験者が設定指示値 ± 5 の許容範囲で正しくよみとるまでの時間を記録する。

(3) 実験 3

現用計器および模擬計器のよみとりにおける眼球運動の測定

(a) 刺激図形

実験 1 および 2 で使用された現用計器と模擬計器を使用した。

(b) 被験者

当研究所職員男子 10 名、両眼とも裸眼視力 1.0 以上。斜視度正常のもの

(c) 装置

アイカメラ (Eye-Camera または Ophthalmograph, 竹井機器(株)製) と、万能型 9 素子脳波計による眼球電位図 (Electrooculograph) とを同時に記録することにより、垂直・水平方向の眼球運動の時間的変位をとらえた。またアイカメラのフィルムを停止して撮影することによって、眼球運動を空間的にとらえ、これによって眼球運動の軌跡と、ダイアル面との照合をも試みた。

(d) 手続

あらかじめ被験者を電気しゃへい室にいれ、右眼の上下左右に飽和食塩水をしませた脱脂綿をはさんだ電極をはりつけた後、顔面をアイカメラに固定する。アイカメラに固定された場合眼球-図形間の距離は 350mm で、およそ視角は 12 度となる。被験者は、はじめ閉眼状態であり、実験者の合図によって開眼、よみ終わったらふたたび眼を閉じる。各タイプにつき 8 通り、80 試行 (約 30 分) 行なった。刺激の提示順序はランダムとする。

付録 B 眼球運動の測定法とその記録例

よみにおける視覚的機制的研究は Javal, E. (1879) にはじまったといわれるが、角膜反射を写真に記録しようとする現在のアイカメラ (Ophthalmograph) は 1901 年 Dodge, R. によってはじめられた¹¹⁾。この方法をつかって現在までに Tinker, M.A., Gray, C.T. らによって教育・映画その他の研究が多く報告され¹²⁾、とくに文字のよみについての研究がすすめられた。一方眼球運動を電氣的に記録する方法については、1930 年ごろ、Meyers, I.L. Jacobsen, E. らによる研究報告¹³⁾がみられる。先のアイカメラによる撮影方法はフィルム停止撮影とフィルム送り撮影とあり、前者では眼球運動の空間的要素がは握できるが、時間的要素をとらえる手がかりはない。後者の方法によれば、時間的変位もとらえることができるが、垂直方向あるいは水平方向いずれかの運動を記録できるのみである。一方、眼球運動の電氣的記録法によれば運動によって起こる電位差が測定できるのはもちろん、時間的変位についてもかなり正確によみとることができる。したがって、わ

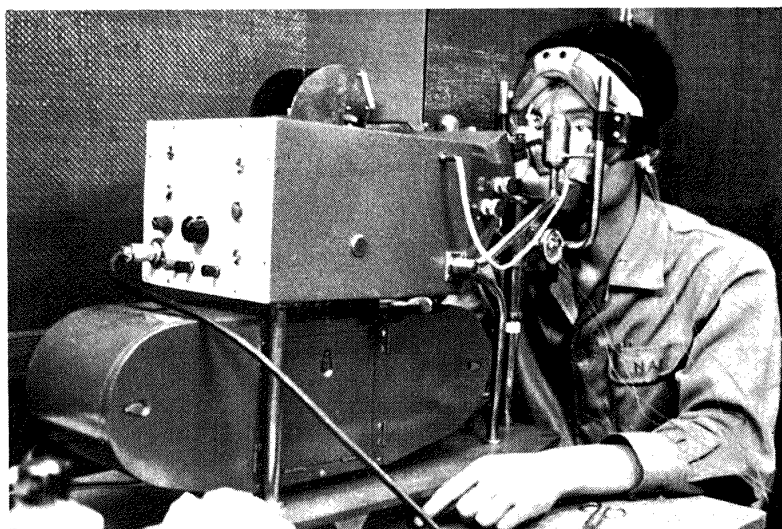


図 5 アイカメラによる測定

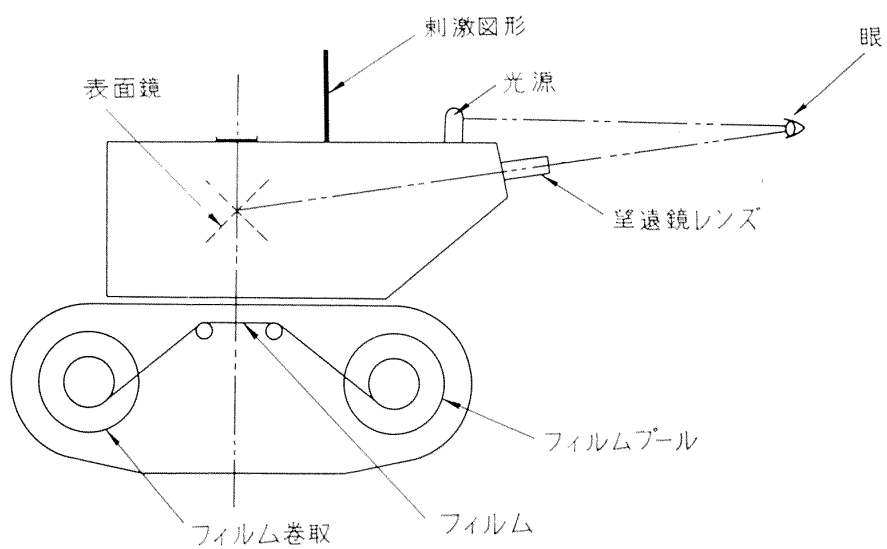


図 6 アイカメラ原理図



図 7 E・O・G の測定

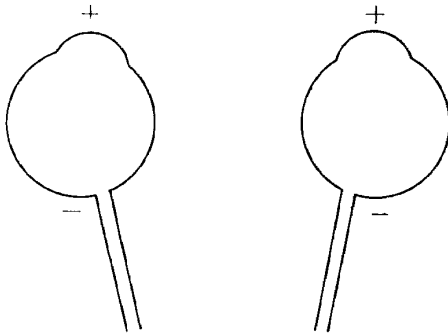


図 8 網膜の静止電位図 (脊椎動物)

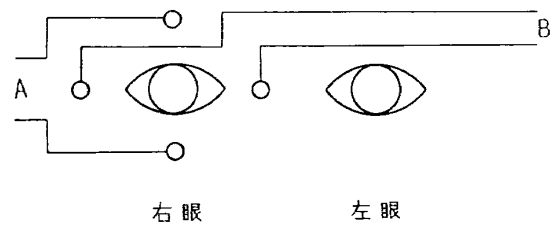


図 9 E・O・G の誘導方法

れわれの今後の実験では運動を空間的・時間的両面からは握するためにこの二方法を同時にとった。

(1) アイカメラによる測定 (図 5)

角膜は、ほぼ球面鏡と考えられ、光源よりの像は眼球とともに移動する。したがって図 6 のごとく望遠レンズでこの像を投影し、鏡で反射させるとフィルム面またはファインダに写すことができる。刺激図形をみながらフィルムを動かすと眼球の動いた状態が、フィルム送りでは時間的に、フィルム固定では空間的に撮影される。

(2) E・O・G による測定 (図 7)

生体内では注視点が移動すると、静止電位の電位配布、すなわち電場のあり方が変わる (図 8)。脊椎動物の静止電位は角膜側に +、網膜側に - の数十～数百 μV の電流が流れる。この電位変動 (眼球電位図 Electrooculogram) を利用して眼球運動を分析することができる。図 9 に示すような方法で眼の上下左右に電極をつけ、運動に伴って起こる垂直方向、水平方向の網膜角膜の電位差を高感度の増幅器で増幅し、ペンレコーダで記録する。脳波用銀電極 (直径 7 mm) に飽和食塩水をしませた脱脂綿をはさみ、ばんそうこうでとめる。被験者は電気しゃへい室内におくのが望ましい。

図 10 にアイカメラ、E・O・G の記録例を示す。

刺激図形	アィカメラ (アィルム停止)	アィカメラ (アィルム送り……2cm/sec)	E・O・G (1.5 cm/sec)
凝視			
円周			
1P			
1S			
1PS			
2P			
2S			
2PS			

図 10 記 録 例

<p>NAL TR-99 航空宇宙技術研究所 計器のよみやすさに関する研究</p> <p>1966 年 2 月 14 ページ</p> <p>眼球運動の、計器の legibility の測度としての妥当性と、その特性を検討した。よみとりの正確さ、速さとの関連性からみて、眼球運動は計器の legibility を評価する測度として妥当であると思われる。また、眼球運動を測度として加えることにより、よみとり過程の解析が可能となるので、とくに統合計器の評価に対して有効となるろう。</p>	<p>I. 三好 範子 岡 部 正 典 石 川 澄 子</p> <p>II. NAL TR-99</p> <p>III. 621.63</p> <p>NAL TR-99 航空宇宙技術研究所 計器のよみやすさに関する研究</p> <p>1966 年 2 月 14 ページ</p> <p>眼球運動の、計器の legibility の測度としての妥当性と、その特性を検討した。よみとりの正確さ、速さとの関連性からみて、眼球運動は計器の legibility を評価する測度として妥当であると思われる。また、眼球運動を測度として加えることにより、よみとり過程の解析が可能となるので、とくに統合計器の評価に対して有効となるろう。</p>	<p>I. 三好 範子 岡 部 正 典 石 川 澄 子</p> <p>II. NAL TR-99</p> <p>III. 621.63</p>
<p>NAL TR-99 航空宇宙技術研究所 計器のよみやすさに関する研究</p> <p>1966 年 2 月 14 ページ</p> <p>眼球運動の、計器の legibility の測度としての妥当性と、その特性を検討した。よみとりの正確さ、速さとの関連性からみて、眼球運動は計器の legibility を評価する測度として妥当であると思われる。また、眼球運動を測度として加えることにより、よみとり過程の解析が可能となるので、とくに統合計器の評価に対して有効となるろう。</p>	<p>I. 三好 範子 岡 部 正 典 石 川 澄 子</p> <p>II. NAL TR-99</p> <p>III. 621.63</p> <p>NAL TR-99 航空宇宙技術研究所 計器のよみやすさに関する研究</p> <p>1966 年 2 月 14 ページ</p> <p>眼球運動の、計器の legibility の測度としての妥当性と、その特性を検討した。よみとりの正確さ、速さとの関連性からみて、眼球運動は計器の legibility を評価する測度として妥当であると思われる。また、眼球運動を測度として加えることにより、よみとり過程の解析が可能となるので、とくに統合計器の評価に対して有効となるろう。</p>	<p>I. 三好 範子 岡 部 正 典 石 川 澄 子</p> <p>II. NAL TR-99</p> <p>III. 621.63</p>

- | | | | |
|--------|--|-----------|---------------------|
| TR-90 | ヒステリシスループの形、繰返しによる形の変化および繰返し後の塑性流動応力の上昇
(第1報 実験, 第2報 ねじりの場合の理論)
The Shape of Mechanical Hysteresis Loop, its deformation due to Stress Repetition and Resulting Increase in Flow Stress (Part 1. Experiment, Part 2. Theory for Torsion) | 1965年7月 | 中西不二夫, 佐藤和郎
永井文雄 |
| TR-91 | 固体プロペラントの割れ目内への火炎伝ば
(I)
Flame Propagation into the Gap of Solid Propellant Grain (I) | 1965年7月 | 五代富文 |
| TR-92 | ロケット胴体をまわる超音速流の一近似解法
(I)
—迎角0のとき—
An Approximate Calculation for Supersonic Flow Past Bodies of Rocket Vehicles (I)
—Linearized Flow with Axial Symmetry— | 1965年8月 | 谷 喬 |
| TR-93 | 遷音速動安定試験
Dynamic Testing at Transonic Speed | 1965年10月 | 小橋安次郎, 河野長正
西 武徳 |
| TR-94 | 翼幅方向に一樣な揚力分布をもつ半無限の後退翼
On the Camber Lines of Semi-Infinite Sweptback Wings which give Uniform Spanwise Load Distribution | 1965年10月 | 河崎俊夫 |
| TR-95 | 飛行機の縦の操縦特性に関する二三の考察
A Few Comments on the Longitudinal Handling Qualities of Airplanes | 1965年11月 | 荒木 浩 |
| TR-96T | A Generalized Functional Formalism for Turbulence | Dec. 1965 | Iwao HOSOKAWA |
| TR-97 | 圧縮性と壁形状を考慮した軸流ターボ機械の作動円盤理論 (I)-軸対称流れ-
A Theoretical Investigation of the Compressible Flow Through the Axial Turbo-Machines (I)
—Non-Swirling Fluids in Ducts— | 1965年12月 | 藤井昭一 |
| TR-98 | 後退角 45°, アスペクト比 4.0 の薄い片持翼の遷音速フラッタ特性に及ぼすテーパ比の影響の実験的研究
Some Effects of Taper Ratio on the Transonic Flutter Characteristics of a Series of Thin Cantilever Wings Having a Sweptback Angle of 45° and an Aspect Ratio 4.0 | 1965年12月 | 中井暎一, 高木俊朗,
安藤泰勝 |

航空宇宙技術研究所報告99号

昭和41年2月発行

発行所	航空宇宙技術研究所 東京都調布市深大寺町1,880 電話武蔵野三鷹(0422) 44-9171(代表)
印刷所	笠井出版印刷社 東京都港区西新橋1の21の8